



TUGAS AKHIR - SF 141501

**RANCANG BANGUN CATU DAYA DENGAN
SUMBER ARUS KONSTAN UNTUK
GEOLISTRIK RESISTIVITAS METER**

**Gusti Rana Fahlevi Sudenasahq
NRP 1111 100 018**

**Dosen Pembimbing I
Drs. Bachtera Indarto, M.Si**

**Dosen Pembimbing II
Drs. Hasto Sunarno, M.Sc.**

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - SF 141501

**DESIGN OF POWER SUPPLY WITH CONSTANS
CURRENT FOR GEOELECTRICAL
RESISTIVITAS METER**

**Gusti Rana Fahlevi Sudenasahaq
NRP 1111 100 018**

**Advisor I
Drs. Bachtera Indarto, M.Si**

**Advisor II
Drs. Hasto Sunarno, M.Sc.**

**Department of Physics
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

RANCANG BANGUN CATU DAYA DENGAN SUMBER ARUS KONSTAN UNTUK GEOLISTRIK RESISTIVITAS METER

TUGAS AKHIR


**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Bidang Fisika Instrumentasi
Program Studi S-1 Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**Gusti Rana Fahlevi Sudenasahaq
NRP 1111100018**

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

Pembimbing I



Drs. Bachtera Indarto, M.Si.

NIP. 19610404199102.1.001

Pembimbing II



Drs. Hasto Sunarno, M.Sc.

NIP. 19560331 198003.1.001



Surabaya, 25 Januari 2016



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

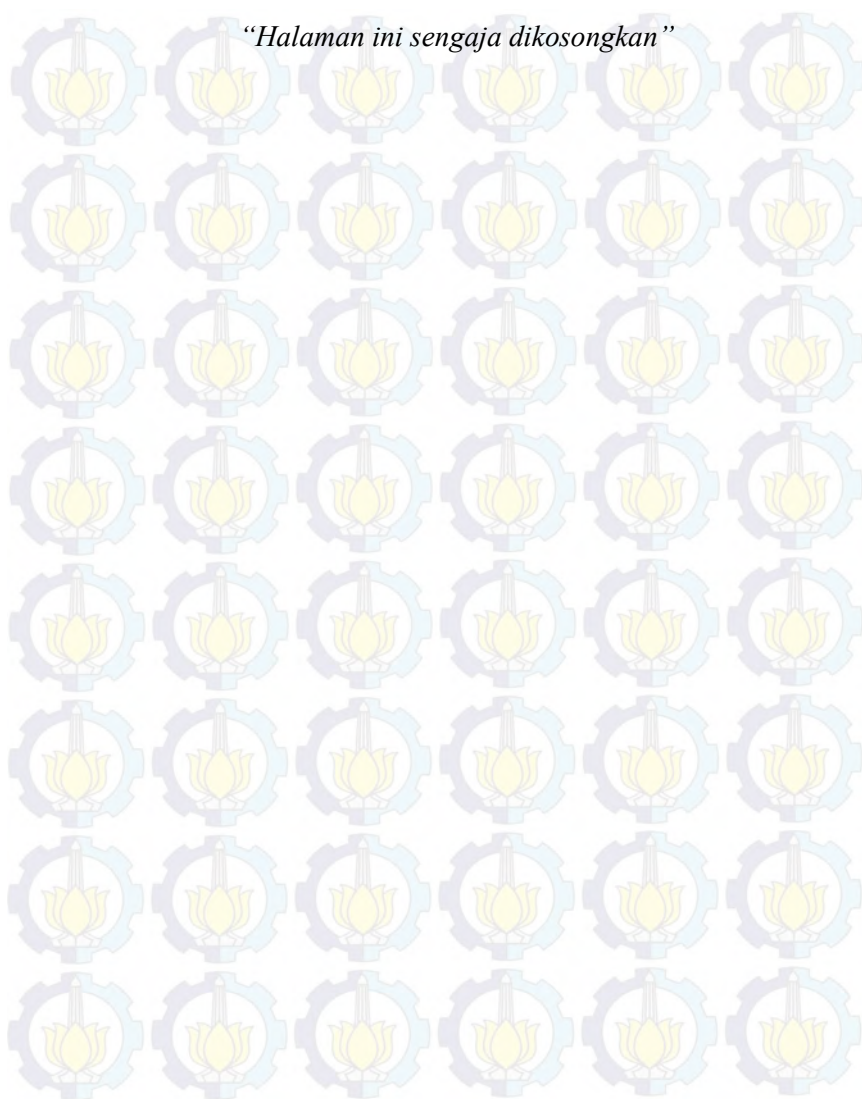
RANCANG BANGUN CATU DAYA DENGAN SUMBER ARUS KONSTAN UNTUK GEOLISTRIK RESISTIVITAS METER

Nama : Gusti Rana Fahlevi Sudenasahaq
NRP : 1111100018
Jurusan : Fisika, FMIPA-ITS
Pembimbing 1 : Drs. Bachtera Indarto, M.Si
Pembimbing 2 : Drs. Hasto Sunarno, M.Sc.

Abstrak

Implementasi sumber arus konstan pada rancang bangun catu daya untuk pengukuran geolistrik resistivitas meter berhasil dibuat dan dianalisa. Sistem pengukuran geolistrik resistivitas meter dilengkapi terdiri dari rangkaian *boost converter*, sumber arus konstan, dan mikrokontroler sebagai sistem kendali proses pengukuran dan akuisisi data geolistrik resistivitas meter berupa data resistansi. Sistem akuisisi data menggunakan hukum Ohm dan jenis metode geolistrik yang digunakan adalah Metode Wenner. Pada penelitian ini, sumber arus konstan yang berhasil diimplementasikan pada sistem geolistrik resistivitas meter yakni sebesar 0,1mA bekerja pada resistansi 0,4 Ω sampai 2,345M Ω dan arus 1mA bekerja pada resistansi resistansi 0,4 Ω hingga 8,53k Ω . Serta pada pengukuran resistansi dapat terukur dengan baik pada pengukuran resistansi 33 Ω hingga 470k Ω .

Kata kunci : *Boost Konverter, Geolistrik-resistivitas, mikrokontroler, dan Sumber Arus.*



DESIGN OF POWER SUPPLY WITH CONSTANS CURRENT FOR GEOELECTRICAL RESISTIVITY METER

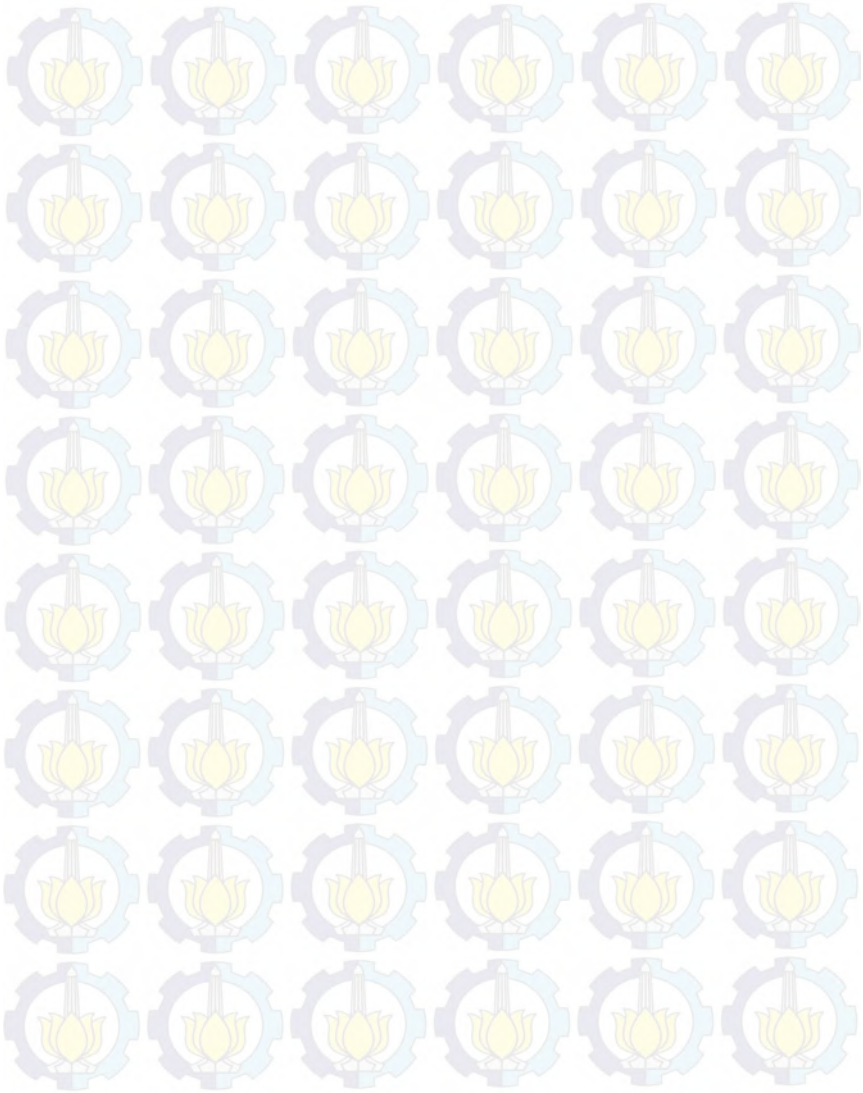
Name : Gusti Rana Fahlevi Sudenasahaq
NRP : 1111100018
Major : Physics, FMIPA-ITS
Advisor 1 : Drs. Bachtera Indarto, M.Si
Advisor 2 : Drs. Hasto Sunarno, M.Sc.

Abstract

The implementation of a constant current source to power supply design for the measurement of the resistivity meter geoelectric successfully created and analyzed. Geoelectric resistivity meter measurement system is equipped consists of boost converter circuit, constant current source, and Microcontroller as control systems and process measurement data acquisition geoelectric resistivity meters form of resistance data. Data acquisition system using Ohm's law and the type of geoelectric method used is the method Wenner. In this study, a constant current source that is successfully implemented on the geoelectric resistivity meter system which is equal to 0.1mA work on resistance of 0.4Ω to $2345M\Omega$ and 1mA current work on resistance of 0.4Ω resistance until $8.53k\Omega$. As well as on the measurement of resistance can be measured by either the measurement resistasi 33Ω to $470k\Omega$.

Keywords : *Boost Converter, Constant Current, Geoelectrical-resistivity, and Microcontroller*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat berkah, rahmat, dan petunjukNya atas nikmat iman, islam, dan ikhsan yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir (TA) ini dengan optimal dan tepat waktu. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah, Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kami dari kebodohan menuju cahaya kebenaran.

Tugas Akhir (TA) ini penulis susun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas Akhir ini ditulis dengan judul :

“RANCANG BANGUN CATU DAYA DENGAN SUMBER ARUS KONSTAN UNTUK GEOLISTRIK RESISTIVITAS METER”

Penulis persembahkan kepada masyarakat Indonesia guna berpartisipasi untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dalam bidang sains dan teknologi.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang membantu penyusunan laporan Tugas Akhir (TA) dan proses penelitiannya.

1. Kedua orang tua tercinta yang telah memberikan semua hal terbaik bagi penulis sejak kecil hingga sampai saat ini atas seluruh dukungan, doa, dan motivasi yang diberikan kepada penulis.
2. Bapak Drs. Bachtera Indarto, M.Si dan Drs. Hasto Sunarno, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah membagi pengalaman serta memberikan pengarahan selama proses penelitian dan penyusunan laporan.

3. Teman-teman belajar Instrumentasi, Optoelectronic, dan Fisika Bumi yang telah berbagi ilmu kepada penulis. Khususnya kepada M. Abrar, Emy Aditya, Shanti C., Danu, Yoseph Wisnu, Nanang Firdaus, Sos Edwin dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mohon kritik dan saran membangun dari pembaca guna menyempurnakan laporan ini demi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di masa mendatang. Akhir kata penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak, terutama untuk penelitian selanjutnya. Aamiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, 25 Januari 2016

Penulis
Gusti Rana Fahlevi S.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
<i>Cover Page</i>	ii
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	v
<i>Abstract</i>	vii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xv
Daftar Lampiran	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Resistivitas Tanah	5
2.2 Geolistrik Resistivitas	7
2.3 Sumber Tegangan dan Sumber Arus	13
2.4 <i>Boost Converter</i> DC ke AC	15
2.4.1 Inverter	16
2.4.2 <i>Rectifier</i>	21
2.5 Sensor	24
2.5.1 Sensor Arus	24
2.5.2 Sensor Tegangan	26
2.6 Mikrokontroler AtMega 328p	27
2.7 Kalibrasi Alat	31

BAB III METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan	35
--------------------------	----

3.2 Perancangan Umum Sistem.....	35
3.3 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak <i>resistivity</i> meter.....	37
3.4 Perencanaan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	38
3.4.1 Perencanaan <i>Boost Converter DC-DC</i>	38
3.4.2 Perencanaan Sumber Arus Konstan	39
3.4.3 Perencanaan Pembalik Arah	39
3.4.4 Perencanaan Sensor Tegangan	40
3.4.5 Perencanaan Sensor Arus	41
3.4.6 Perencanaan Kontroler Pengukuran dan Penyimpanan Data.....	43
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengujian Karakteristik <i>Boost Converter</i>	45
4.2 Pengujian karakteristik Sumber Arus	47
4.3 Pengujian Karakteristik Sensor Tegangan.....	50
4.4 Pengujian Karakteristik Sensor Arus.....	55
4.5 Pengujian Resistivitas meter	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	67
BIOGRAFI PENULIS	75

DAFTAR GAMBAR

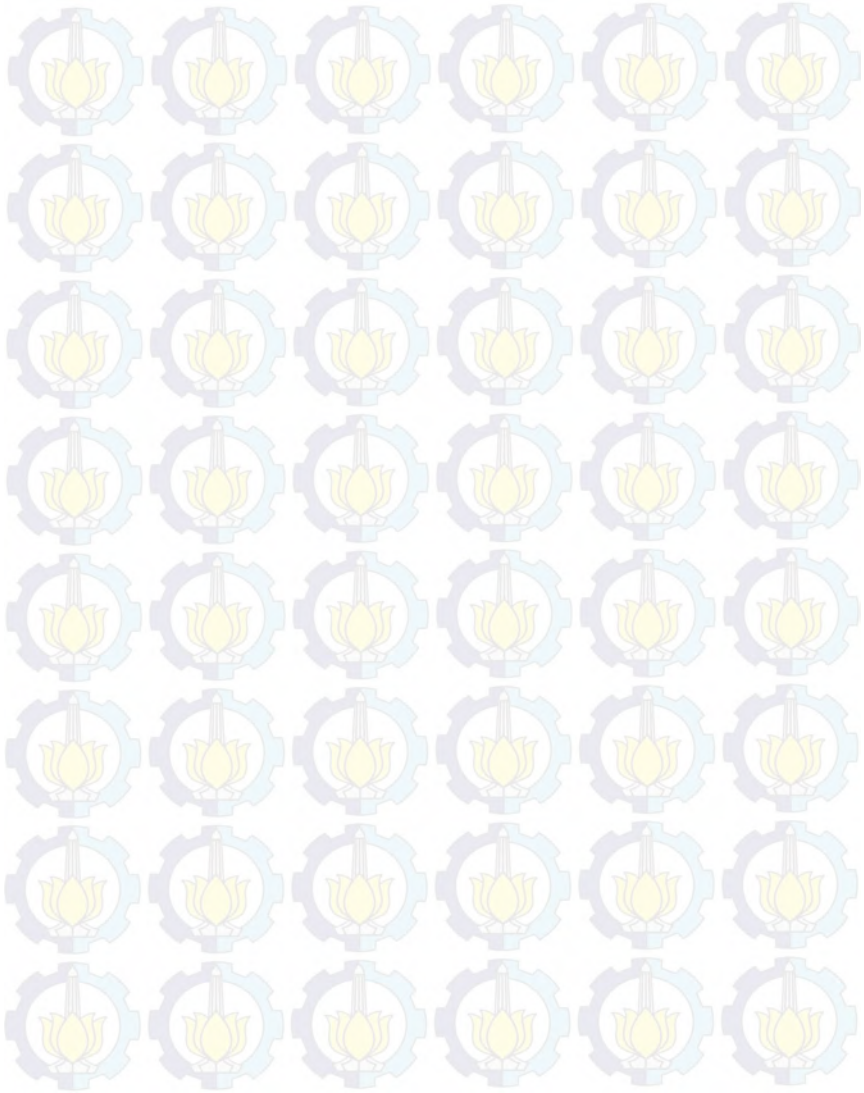
Gambar 2.1	Data Nilai Resistivitas Batuan	6
Gambar 2.2	Elektroda Arus dan Potensial pada Konfigurasi <i>Wenner</i>	9
Gambar 2.3	Sumber Tegangan DC (1a), AC (1b), dan Sumber Arus(2)	13
Gambar 2.4	Beberapa Sumber Arus yang Dibuat dari <i>High-Speed Transistor Bipolar, Complementary Bipolar, Bipolar –FET, Op-Amp</i>	14
Gambar 2.5	Prinsip Dasar Rangkaian Sederhana Inverter.....	18
Gambar 2.6	Contoh Rangkaian Inverter Menggunakan Transistor.....	19
Gambar 2.7	Rangkaian Penyearah <i>Full Wave</i> dengan pada Menggunakan Empat Dioda pada Trafo Non CT	22
Gambar 2.8	Hasil Keluaran Sinyal Setelah Melewati Dioda dan Sinyal Keluaran Setelah Penambahan Kapasitor	22
Gambar 2.9	(a) Resistor, (b) Simbol Resistor.....	24
Gambar 2.10	Shunt Amperemeter	25
Gambar 2.11	Rangkaian Pembagi Tegangan Yang Digunakan Sebagai Sensor Tegangan.....	27
Gambar 2.12	Arduino Tampak Depan.....	30
Gambar 2.13	Geopulse Tigre resistivity meter tampak dari atas	32
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 3.2	Diagram Blok Sistem.....	37
Gambar 3.3	Rangkaian Pembalik Arus Injeksi.....	39
Gambar 3.4	Perancangan Sensor Tegangan.....	41
Gambar 3.5	Perancangan Sensor Arus	42
Gambar 3.6	Skema Sistem Kerja Prototipe Resistivity Meter.	43
Gambar 4.1	Hasil Pengujian Karakteristik <i>Boost Converter</i> ...	46
Gambar 4.2	Grafik hasil uji Sumber arus konstan 0,1 mA	48
Gambar 4.3	Grafik hasil uji Sumber arus konstan 1 mA	49

Gambar 4.4	(a) Hasil pengujian Histerisis Sensor Tegangan dan (b) Kurva Histerisis Hasil Perbesaran dan Perhitungan.....	52
Gambar 4.5	Hasil pengujian Akurasi Sensor Tegangan	53
Gambar 4.6	Hasil pengujian Linearitas Sensor Tegangan	54
Gambar 4.7	Grafik Hasil Pengujian karakterisasi sensor Arus	56
Gambar 4.8	Prototipe resistivitas meter	57
Gambar 4.9	Kalibrasi dan Pengujian Pengukuran Resistansi Resistor menggunakan Prototipe	57
Gambar 4.10	Grafik Hasil Pengujian Pengukuran Resistansi Resistor dengan membandingkan hasil ukur alat Tiggre dan Prototipe pada rentang Pengukuran 0,47 Ω hingga 470k Ω	59
Gambar 1	Pengukuran Sinyal Keluaran Inverter	67
Gambar 2	Keluaran Sinyal <i>Boost Converter</i> yang Sudah Diturunkan Tegangannya	67
Gambar 3	Karakterisasi Sensor Arus	68
Gambar 4	Pengukuran Tegangan dan Arus untuk mendapatkan nilai resistansi yang sebenarnya	68
Gambar 5	Hasil Pengukuran Sinyal pada Baterai 12V 7Ah Sebagai Sumber Pengukuran Arus untuk Mendapatkan Nilai R Sebenarnya	69
Gambar 6	Hasil Sinyal Transmitter pada Sumber Arus	67

DAFTAR TABEL

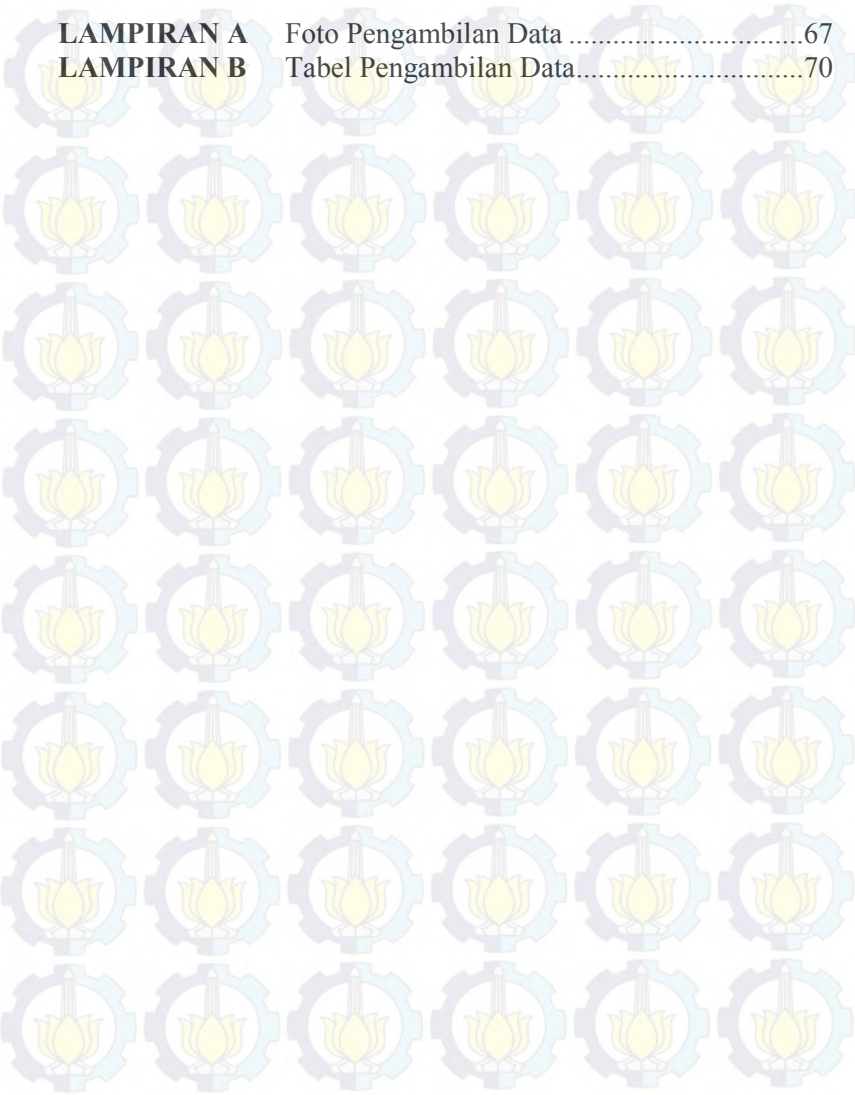
Tabel 2.1	Kondisi Pensakelaran untuk Menghasilkan Tegangan AC satu Fasa.....	21
Tabel 4.1	Hasil Kalibrasi dan Pengujian Pengukuran Resistansi Resistor mnggunakan Prototipe.....	58
Tabel 1	Kalibrasi Sensor Arus.....	70
Tabel 2	Kalibrasi Sensor Tegangan	70
Tabel 3	Kalibrasi Pengukuran resistansi dengan membndingkan nilai resistansi perhitungan, alat tigre, dan alat TA(prototipe)	71
Tabel 4	Karakterisasi Pembebanan <i>Boost Converter</i>	72
Tabel 5	Pengujian Sumber Arus Konstan 0,1mA.....	73
Tabel 5	Pengujian Sumber Arus Konstan 1mA.....	74

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

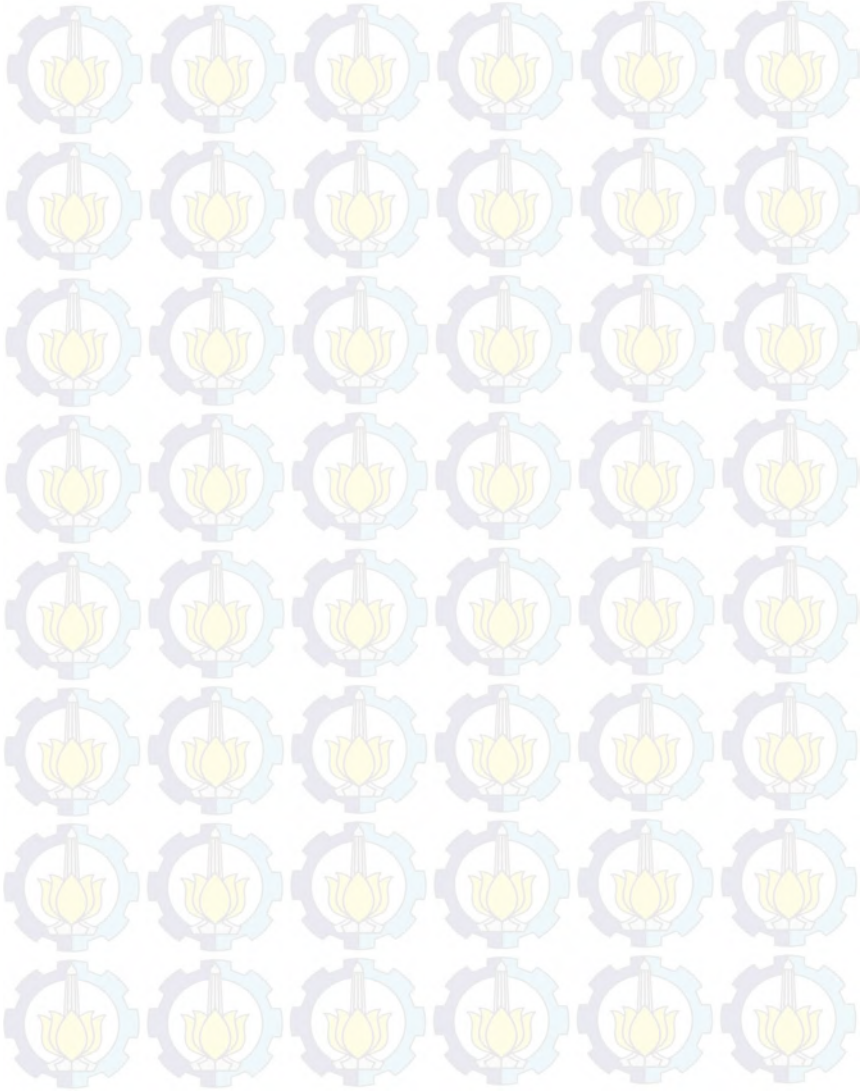


DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Foto Pengambilan Data	67
LAMPIRAN B	Tabel Pengambilan Data.....	70



”Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bumi tersusun atas kerak benua dan kerak samudera. Kerak benua tersusun atas beberapa lapisan yang terdiri atas beberapa batuan penyusun dengan karakteristik yang bervariasi. Untuk mengetahui jenis batuan penyusun pada lapisan kerak bumi dapat diketahui dari resistivitas batuan tersebut. Tahanan jenis (resistivitas) merupakan salah satu sifat batuan yang menunjukkan kemampuan batuan tersebut untuk menghantarkan arus listrik. Semakin besar nilai resistivitas suatu batuan maka semakin sulit batuan tersebut menghantarkan arus listrik, begitu pula sebaliknya (Grandis, 2006).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui sifat resistivitas batuan yaitu metode geolistrik resistivitas. Menurut Hendrajaya dan Idam (1990), Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode geofisika yang memanfaatkan sifat resistivitas tanah atau batuan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan bumi. Prinsip kerja geolistrik adalah mengukur resistivitas dengan

mengalirkan arus listrik kedalam lapisan bawah tanah melalui elektroda arus. Kemudian arus diterima oleh elektroda potensial dengan menganggap bumi sebagai resistor. Metode geolistrik resistivitas menggunakan prinsip hukum Ohm dimana hambatan suatu bahan berbanding terbalik dengan nilai arus yang mengalir dan berbanding lurus dengan beda potensial. Hambatan suatu bahan dipengaruhi oleh hambatan jenis, panjang hambatan dan luas hambatan.

Alat yang digunakan pada metode geolistrik resistivitas yakni "*geopulse tigre resistivity meter*" seperti yang dimiliki oleh laboratorium Fisika Bumi Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Alat tersebut memiliki kelemahan dalam proses akuisisi data hasil pengukuran. Dimana proses akuisisi data masih menggunakan proses pengamatan langsung (manual). Hal ini tentunya sangat tidak efektif dan efisien. Oleh karena itu, pada penelitian ini dikembangkan alat ukur geolistrik resistivitas yang dapat melakukan akuisisi data resistivitas secara otomatis. Sehingga proses interpretasi data lapisan bawah permukaan menjadi lebih efisien.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana merancang sistem pengukuran geolistrik resistivitas meter dengan menggunakan sumber arus konstan?
- b. Bagaimana karakteristik sistem pengukuran geolistrik resistivitas meter dengan menggunakan sumber arus konstan?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, permasalahan dibatasi pada metode pengukuran geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner dengan menggunakan *four-point probes* dan variasi sumber injeksi arus konstan yang digunakan adalah 0.1 mA dan 1 mA.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

- a. Untuk merancang sistem pengukuran geolistrik resistivitas meter menggunakan sumber arus konstan.

- b. Untuk mengkarakterisasi sistem pengukuran geolistrik resistivitas meter menggunakan sumber arus konstan.

1.5 Manfaat penelitian

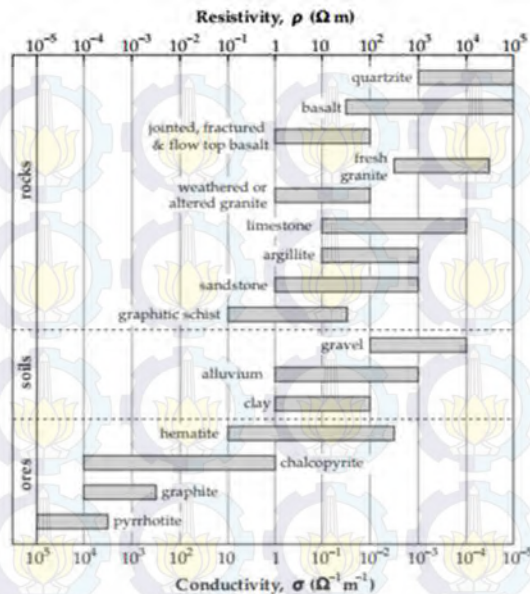
Hasil dari penelitian ini diharapkan *prototype* sistem pengukuran geolistrik resistivitas meter dapat mempercepat proses pengambilan data resistivitas lapisan bawah permukaan tanah secara otomatis dan efisien.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Resistivitas Tanah

Tahanan jenis atau resistivitas adalah kemampuan suatu bahan untuk menahan arus listrik yang direpresentasikan dengan ρ (rho) dalam sebuah persamaan matematik. Materi yang kita jumpai sehari-hari merupakan kumpulan sejumlah besar atom atau molekul. Molekul terdiri atas atom-atom, sedangkan atom-atom itu sendiri terdiri dari inti yang bermuatan positif yang dikelilingi oleh awan elektron yang bermuatan negatif. Batuan merupakan suatu jenis materi sehingga batuan mempunyai sifat-sifat kelistrikan (Ward dan Telfordet, 1990).



Gambar 2. 1 Data Nilai Resistivitas Batuan (Ward dan Telfordet, 1990).

Menurut Reynolds (1997), konduktivitas atau lebih dikenal dengan sebutan Daya Hantar Listrik (DHL) adalah suatu besaran yang menunjukkan banyaknya ion-ion terlarut dalam air yang dapat menghantarkan arus listrik sebesar 1μvolt pada bidang lapisan metal seluas 1 cm. Sifat ini dipengaruhi oleh jumlah kandungan yang disebut sebagai ion bebas. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1 Bumi terdiri dari lapisan-lapisan bebatuan dengan nilai resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur dipengaruhi

oleh lapisan-lapisan tersebut dan menyebabkan nilai tahanan jenis yang terukur tergantung pada jarak elektroda. Nilai tahanan jenis yang terukur bukanlah tahanan jenis yang sebenarnya melainkan tahanan jenis semu (ρ_a).

$$\rho = \frac{RA}{L} \quad 2.1$$

$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad 2.2$$

dengan:

ρ = Resistivitas (Ωm),

R = Resistansi (Ω),

I = Arus Listrik (A),

L = Panjang Lintasan (m),

ΔV = Tegangan (V).

2.2 Geolistrik Resistivitas

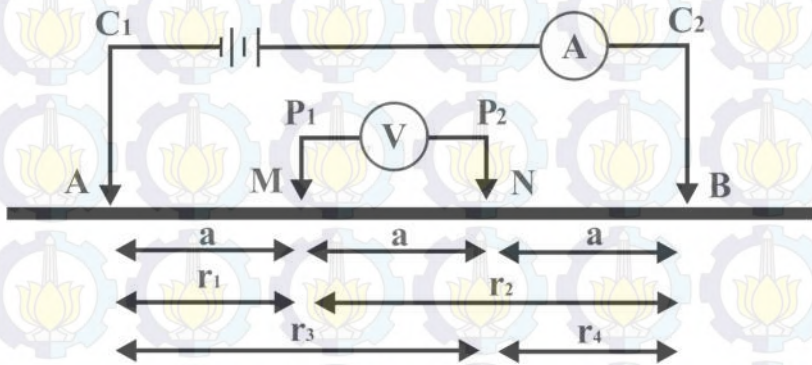
Geolistrik adalah salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana mendeteksinya. Pendeteksian meliputi pengukuran medan potensial, arus, dan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat penginjeksian arus ke dalam bumi. Geolistrik digunakan untuk menginterpretasi bawah permukaan tanah dengan menggunakan konsep fisika tanpa

merusak material-material tersebut. Prinsip kerja geolistrik adalah mengukur resistivitas dengan mengalirkan arus listrik kedalam batuan atau tanah melalui elektroda arus. Kemudian arus diterima oleh elektroda potensial dengan menganggap bumi sebagai resistor. Penggunaan geolistrik pertama kali dilakukan oleh Conrad Schlumberger pada tahun 1912 (Dobrin, 1981).

Menurut Hendrajaya dan Idam (1990), metode geolistrik resistivitas merupakan metode geolistrik yang mempelajari sifat resistivitas listrik dari lapisan batuan di dalam bumi. Pada metode ini arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus dan dilakukan pengukuran beda potensial melalui dua buah elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial listrik maka dapat dihitung variasi harga resistivitas pada lapisan permukaan bumi di bawah titik ukur (*Sounding point*). Pada metode geolistrik dikenal banyak konfigurasi elektroda, diantaranya yang sering digunakan adalah konfigurasi *Wenner*, konfigurasi *Schlumberger*, konfigurasi dipol-dipol dan lain-lain.

Pada penulisan ini metode pengukuran resistivitas tanah dengan menggunakan metode konfigurasi *Wenner*. Metode ini diperkenalkan oleh Wenner (1915). Konfigurasi *Wenner*

merupakan salah satu konfigurasi yang sering digunakan dalam eksplorasi geolistrik dengan susunan jarak spasi sama panjang ($r_1 = r_4 = a$ dan $r_2 = r_3 = 2a$). Jarak antara elektroda arus (C_1 dan C_2) adalah tiga kali jarak elektroda potensial, jarak potensial dengan titik *sounding*-nya adalah $a/2$, maka jarak masing-masing elektroda arus dengan titik *sounding*-nya adalah $3a/2$.



Gambar 2. 2 Elektroda Arus dan Potensial pada Konfigurasi *Wenner*

Target kedalaman yang mampu dicapai pada metode ini adalah $a/2$. Konfigurasi *Wenner* jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial adalah sama ($AM = NB = a$ dan jarak $AN = MB = 2a$) seperti yang terlihat pada Gambar 2.2. Suyarto, dkk. (2003), menjelaskan bahwa pengukuran resistivitas secara umum dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi dengan menggunakan dua elektroda arus (C_1 dan C_2),

dan pengukuran beda potensial dengan menggunakan dua elektroda tegangan (P_1 dan P_2). Dari data harga arus (I) dan beda potensial (V), dapat dihitung nilai resistivitas semu (ρ_a) seperti pada persamaan 2.3.

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I} \quad 2.3$$

Dengan:

ρ_a = resistivitas semu (Ωm),

k = faktor geometri yang bergantung pada penempatan elektroda.

Sedangkan untuk mencari faktor geometri konfigurasi *Wenner* dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$k_w = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM}\right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN}\right)} \quad 2.4$$

Dengan:

k_w = faktor geometri konfigurasi *Wenner*

dengan $AM = MN = NB = a$. Sehingga faktor geometri untuk konfigurasi *Wenner* adalah:

$$k_w = 2\pi a \quad 2.5$$

$$\rho_w = k_w R$$

2.6

dengan R adalah besar nilai hambatan yang terukur.

Metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Wenner* merupakan salah satu metoda geofisika untuk mengetahui perubahan resistivitas lapisan batuan di bawah permukaan tanah dengan cara mengalirkan arus listrik DC (*Direct Current*) yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Injeksi arus listrik ini menggunakan 2 buah elektroda Arus A dan B yang ditancapkan ke dalam tanah dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak elektroda AB akan menyebabkan aliran arus listrik bisa menembus lapisan batuan lebih dalam. Batuan dan mineral yang ada di bumi memiliki sifat listrik. Sifat listrik batuan maupun mineral terdiri atas potensial listrik alami, konduktivitas listrik, dan konstanta dielektrik. Konduktivitas listrik adalah sifat yang paling dominan dibandingkan yang lainnya. Arus listrik dapat mengalir pada batuan mineral melalui 3 cara yaitu:

- a. Elektronik, kondisi elektronik merupakan aliran elektron bebas yang terdapat pada batuan maupun mineral. Karena pada batuan/ mineral ini terdapat banyak elektron bebas

didalamnya sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan/mineral oleh elektron bebas.

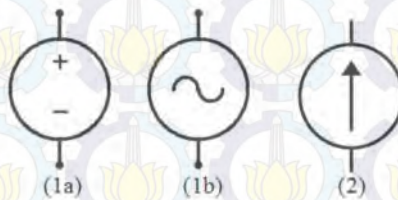
- b. Elektrolitik, konduksi elektrolitik terjadi ketika pori – pori batuan atau mineral yang terisi oleh fluida elektrolitik, dimana aliran muatan terjadi melalui aliran aliran ion elektrolit. Intinya adalah arus listrik dibawa oleh ion ion elektrolit.
- c. Dielektrik, konduksi dielektrik terjadi bila batuan atau mineral berperan sebagai dielektrik ketika dialiri arus sehingga terjadi polarisasi pada batuan ataupun mineral tersebut. Konduktivitas listrik (σ kebalikan dari resistivitas) bergantung pada porositas batuan dan mobilitas dari air (atau fluida lainnya) untuk melewati ruang berpori bergantung pada sifat mobilitas ionik dan konsentrasi larutan, viskositas (η), temperatur, dan tekanan.

Keunggulan dari konfigurasi *Wenner* ini adalah ketelitian pembacaan tegangan pada elektroda MN lebih baik dengan angka yang relatif besar karena elektroda MN yang relatif dekat dengan elektroda AB. Disini bisa digunakan alat ukur multimeter dengan hambatan dalam yang relatif lebih kecil. Sedangkan kelemahannya adalah tidak bisa mendeteksi

homogenitas batuan di dekat permukaan yang bisa berpengaruh terhadap hasil perhitungan. Data yang didapat dari cara konfigurasi *Wenner*, sangat sulit untuk menghilangkan faktor non homogenitas batuan, sehingga hasil perhitungan menjadi kurang akurat.

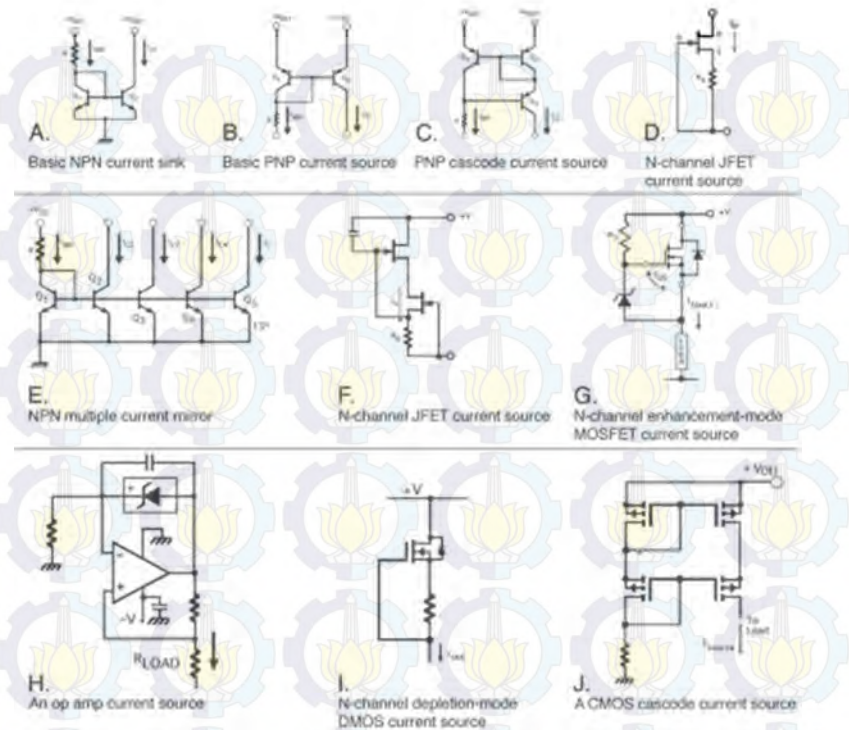
2.3 Sumber Tegangan dan Sumber Arus

Sebuah sumber tegangan ideal adalah elemen sirkuit yang mempertahankan tegangan output tanpa memperhatikan arus beban. Demikian pula, sumber arus ideal adalah elemen sirkuit yang mempertahankan arus yang ditentukan tanpa memperhatikan tegangan keluaran (Nilson dan Riedel, 2008).



Gambar 2. 3 Sumber Tegangan DC (1a), AC (1b), dan Sumber Arus(2)

Sumber arus merupakan sumber yang menyediakan arus konstan tanpa dipengaruhi variasi resistansi beban. Sumber arus dapat dibuat dari kombinasi dioda, transistor (BJT dan Mosfet), dan Op-Amp (Harrison, 2005).



Gambar 2.4 Beberapa Sumber Arus yang Dibuat dari *High-Speed Transistor Bipolar, Complementary Bipolar, Bipolar –FET, Op-Amp* (Harrison, 2005).

Tegangan dan arus sumber ideal dapat dijelaskan lebih lanjut sebagai salah sumber independen atau sumber dependen. Sebuah sumber independen menetapkan tegangan atau arus dalam sebuah rangkaian tanpa bergantung pada tegangan atau arus di tempat lain di sirkuit. Nilai tegangan atau arus yang

disuplai ditentukan oleh nilai dari sumber independen sendiri. Sebaliknya sumber tergantung menetapkan tegangan atau arus yang nilainya tergantung pada nilai tegangan atau arus lain di mana di sirkuit. Anda tidak dapat menentukan nilai dari sumber tergantung kecuali Anda tahu nilai tegangan atau arus yang tergantung (Nilson dan Riedel, 2008).

2.4 *Boost Converter* DC ke DC

Konverter DC-DC berlaku seperti halnya *trafo/transformer* yang mengubah tegangan AC tertentu ke tegangan AC yang lebih tinggi atau lebih rendah. Tidak ada peningkatan ataupun pengurangan daya masukan selama pengkonversian bentuk energi listriknya, sehingga secara ideal persamaan dayanya dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_{in} = P_{out} + P_{losses} \quad 2.7$$

Konverter DC-DC dapat dibagi menjadi 2 kategori besar, yaitu yang terisolasi dan yang tak terisolasi. Kata 'isolasi' disini secara sederhana bermakna adanya penggunaan trafo (isolasi galvanis) antara tegangan masukan dan tegangan keluaran konverter DC-DC. Beberapa sumber menyebutkan

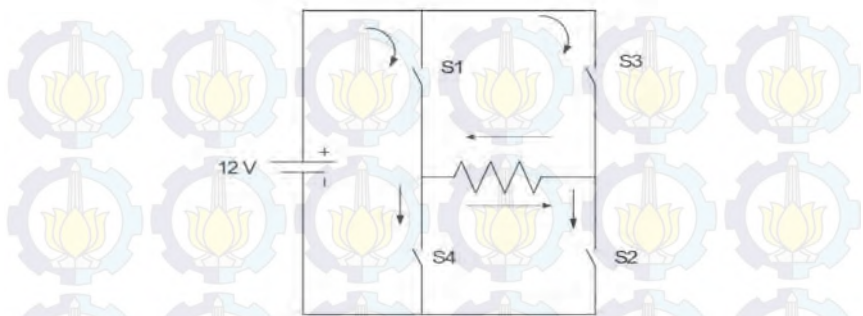
bahwa konverter DC-DC yang tak terisolasi dengan istilah *direct converter*, dan konverter yang terisolasi dengan istilah *indirect converter*. Konverter boost berfungsi untuk menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dibanding tegangan masukannya, atau biasa disebut dengan konverter penaik tegangan. Konverter ini banyak dimanfaatkan untuk aplikasi pembangkit listrik tenaga surya dan turbin angin. Pada penelitian ini, penulis membuat rangkaian *boost converter* dari rangkaian inverter dan rangkaian *rectifier*.

2.4.1 Inverter

Inverter merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC tetap menjadi sumber tegangan AC dengan frekuensi tertentu. Komponen semikonduktor daya yang digunakan dapat berupa SCR, transistor, dan MOSFET yang beroperasi sebagai sakelar dan pengubah. Inverter dapat diklasifikasikan dalam dua jenis, yaitu: inverter satu fasa dan inverter tiga fasa. Setiap jenis inverter tersebut dapat dikelompokkan dalam empat kategori ditinjau dari jenis rangkaian komutasi pada SCR, yaitu: (1) Modulasi lebar pulsa, (2) Inverter resonansi, (3) Inverter komutasi bantu, dan (4) Inverter komutasi komplen.

Inverter disebut sebagai inverter catu-tegangan (*voltage-fed inverter-VFI*) apabila tegangan masukan selalu dijaga konstan, disebut inverter catu-arus (*current fed inverter-CFI*) apabila arus masukan selalu dipelihara konstan, dan disebut inverter variabel (*variable dc linked inverter*) apabila tegangan masukan dapat diatur. Selanjutnya, jika ditinjau dari proses konversi, inverter dapat dibedakan dalam tiga *rectifier* AC ke DC sumber arus konstan jenis, yaitu inverter : seri, paralel, dan jembatan. Inverter jembatan dapat dibedakan menjadi inverter setengah-jembatan (*half-bridge*) dan jembatan (*bridge*). Dalam Bab ini akan difokuskan pada pembahasan inverter jembatan baik untuk inverter satu fasa maupun tiga fasa.

Keluaran inverter dapat berupa tegangan yang dapat diatur dan tegangan yang tetap. Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan *battery*, *cell* bahan bakar, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain. Tegangan output yang biasa dihasilkan adalah 120 V 60 Hz, 220 V 50 Hz, 115 V 400 Hz (Mussener, 1991).



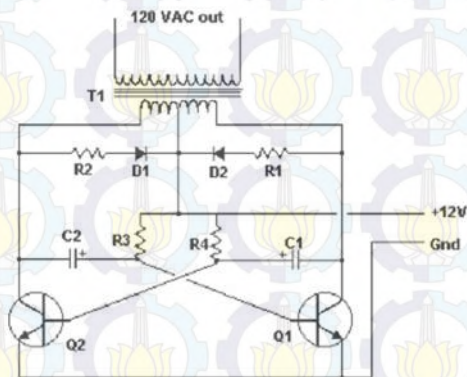
Gambar 2. 5 Prinsip Dasar Rangkaian Sederhana Inverter (Mussener, 1991)

Prinsip kerja inverter dapat dijelaskan dengan menggunakan 4 sakelar seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5 di atas bila sakelar S_1 dan S_2 dalam kondisi tersambung maka akan mengalir arus DC ke beban R dari arah kiri ke kanan, jika yang hidup adalah sakelar S_3 dan S_4 maka akan mengalir arus DC ke beban R dari arah kanan ke kiri. Inverter dapat diklasifikasikan menjadi 2 macam yakni inverter 1 fasa, inverter 3 fasa. Inverter biasanya menggunakan rangkaian modulasi lebar pulsa (*pulse width modulation* – PWM). Inverter juga dapat dibedakan dengan cara pengaturan tegangannya, yaitu:

- a. Jika yang diatur tegangan input konstan disebut *Voltage Fed Inverter* (VFI)

- b. Jika yang diatur arus input konstan disebut *Current Fed Inverter (CFI)*
- c. Jika tegangan input yang diatur disebut *Variable dc linked inverter*.

Prinsip kerja dari inverter satu fasa dapat dijelaskan dengan gambar di bawah ketika transistor Q_1 yang hidup untuk waktu $T_0/2$, tegangan pada beban V_0 sebesar $T_s/2$. Jika transistor Q_2 hanya hidup untuk $T_0/2$, $T_s/2$ akan melewati beban. Q_1 dan Q_2 dirancang untuk bekerja saling bergantian (Hart, 1997).



Gambar 2. 6 Contoh Rangkaian Inverter Menggunakan Transistor (Hart, 1997).

Merupakan rangkaian dasar inverter jembatan satu-fasa dengan beban resistif dan bentuk gelombangnya. Seperti

halnya pada rangkaian inverter setengah-jembatan di atas, dalam rangkaian ini diperlukan dua buah kapasitor untuk menghasilkan titik N agar tegangan pada setiap kapasitor $V_i/2$ dapat dijaga konstan. Terdapat dua sisi sakelar, yaitu: sakelar S_{1+} dan S_{1-} serta S_{2+} dan S_{2-} . Masing-masing sisi sakelar ini, sakelar S_{1+} dan S_{1-} dan atau S_{2+} dan S_{2-} , tidak boleh bekerja secara serempak/simultan, karena akan terjadi hubung singkat rangkaian. Kondisi ON dan OFF dari kedua sisi sakelar ditentukan dengan teknik modulasi, dalam hal ini menggunakan prinsip PWM, seperti dijelaskan pada inverter setengah-jembatan satu fasa di atas.

Untuk menghasilkan tegangan luaran (V_0) satu fasa, terdapat lima kondisi jika sakelar S_{1+} , S_{1-} , S_{2+} dan S_{2-} dioperasikan sebagaimana ditunjukkan pada tabel berikut:

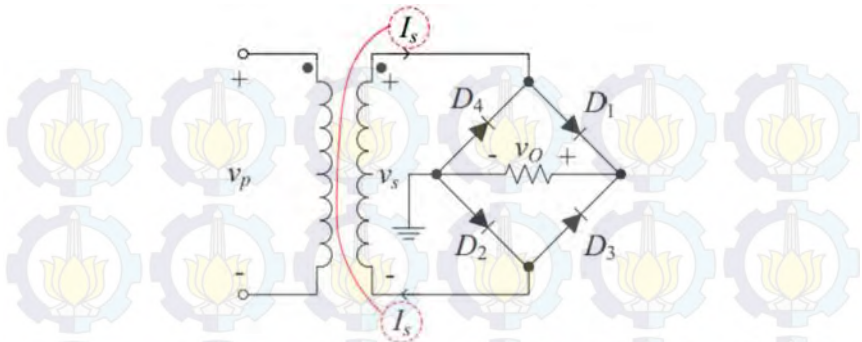
Tabel 2. 1 Kondisi Pensakelaran untuk Menghasilkan Tegangan AC Satu Fasa

Kondisi Ke-	Kondisi	V_{aH}	V_{bH}	V_o	Komponen yang Aktif
1	S_{1+} & S_{2-} On dan S_{1-} & S_{2+} Off	$V/2$	$-V/2$	V_i	S_{1+} & S_{2-} jika $i_o > 0$ D_{1+} & D_{2-} jika $i_o < 0$
2	S_{1-} & S_{2+} On dan S_{1+} & S_{2-} Off	$-V/2$	$V/2$	$-V_i$	D_{1-} & D_{2+} jika $i_o > 0$ S_{1-} & S_{2+} jika $i_o < 0$
3	S_{1+} & S_{2+} On dan S_{1-} & S_{2-} Off	$V/2$	$V/2$	0	S_{1+} & D_{2+} jika $i_o > 0$ D_{1+} & S_{2+} jika $i_o < 0$
4	S_{1-} & S_{2-} On dan S_{1+} & S_{2+} Off	$-V/2$	$-V/2$	0	D_{1-} & S_{2-} jika $i_o > 0$ S_{1-} & D_{2-} jika $i_o < 0$
5	$S_{1-} - S_{2-} - S_{1+} - S_{2+}$ Off	$-V/2$	$V/2$	$-V_i$	D_{1-} & D_{2+} jika $i_o > 0$
		$V/2$	$-V/2$	V_i	D_{1+} & D_{2-} jika $i_o < 0$

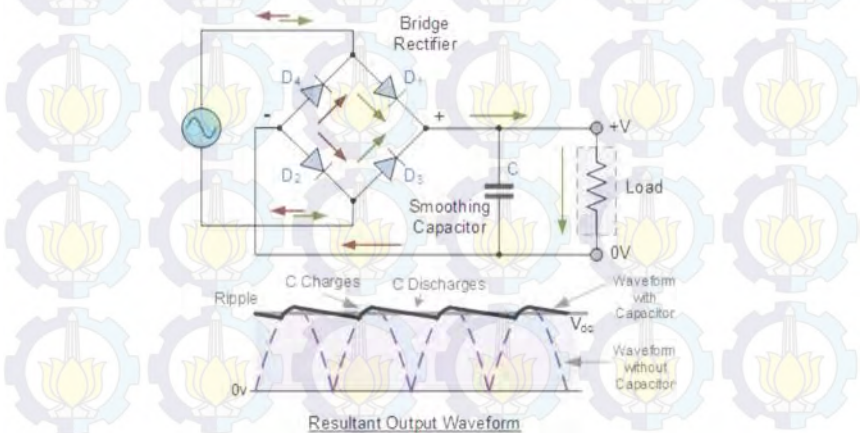
Sumber: Hart, 1997.

2.4.2 Rectifier

Rectifier adalah alat yang digunakan untuk mengubah sumber arus bolak-balik (AC) menjadi sinyal sumber arus searah (DC). Gelombang AC yang berbentuk gelombang sinus hanya dapat dilihat dengan alat ukur *Cathode Ray Oscilloscope* (CRO). Komponen utama dalam penyearah gelombang adalah diode yang dikonfigurasikan secara bias maju. Berikut rangkaian *Rectifier* dengan penyearah gelombang penuh.



Gambar 2. 7 Rangkaian Penyearah Full Wave dengan pada Menggunakan Empat Dioda pada Trafo Non CT (Whites, K. W., 2009).



Gambar 2. 8 Hasil Keluaran Sinyal Setelah Melewati Dioda dan Sinyal Keluaran Setelah Penambahan Kapasitor

Tegangan primer V_p merupakan sumber input sedangkan tegangan sekunder V_s merupakan hasil keluaran yang terdapat pada transformator. Prinsip dasar dari penyearah gelombang penuh dengan menggunakan 4 dioda dimulai pada saat output

transformator memberikan level tegangan sisi positif, maka D_1 - D_4 pada posisi bias maju dan D_2 - D_3 pada posisi bias mundur sehingga level tegangan sisi puncak positif tersebut akan dilewatkan melalui D_1 ke D_4 . Kemudian pada saat output transformator memberikan level tegangan sisi puncak negatif maka D_2 - D_4 pada posisi bias maju dan D_1 - D_2 pada posisi bias mundur sehingga level tegangan sisi negatif tersebut dialirkan melalui D_2 - D_4 . Hasil keluaran penyearah gelombang penuh dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 2.8.

Agar dapat dihasilkan arus DC yang konstan perlu ditambahkan filter yakni dengan pemasangan kapasitor pada bagian output rangkaian. Fungsi kapasitor pada rangkaian untuk menekan *ripple* yang terjadi dari proses penyearahan gelombang AC. Maksimum tegangan *ripple* yang dihasilkan setelah penambahan kapasitor dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$V_{ripple} = \frac{I_{load}}{2 f c} \quad 2.8$$

Dengan:

V_{ripple} = tegangan *ripple* (V)

I_{load} = arus beban (A),

f = frekuensi output (Hz),

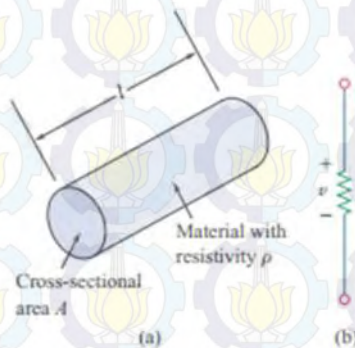
C = kapasitansi kapasitor (F).

2.5 Sensor

Sensor merupakan komponen yang mampu mendeteksi suatu besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa. Pada penelitian tugas akhir ini sensor yang digunakan meliputi sensor arus dan sensor tegangan.

2.5.1 Sensor Arus

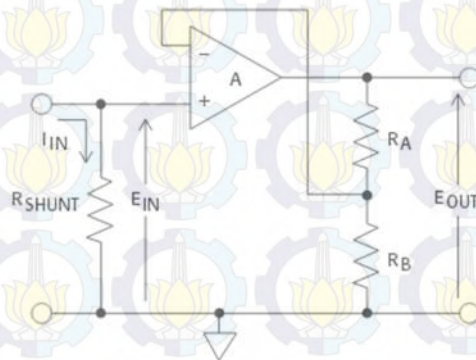
Berdasarkan hukum Ohm, yang menyatakan bahwa tegangan yang V pada resistor berbanding lurus dengan arus I yang mengalir melalui resistor (Alexander, C.K dan Sadiku, MNO, 2009).



Gambar 2. 9 (a) Resistor, (b) Simbol Resistor (Alexander, C.K dan Sadiku, MNO, 2009)

Nilai resistansi pada suatu material tergantung dari nilai resistivitas (ρ) material, luasan yang teraliri arus (A) dan

panjangnya (l). Berdasarkan hukum ohm, sensor arus dapat dibuat dengan menggunakan konversi arus ke tegangan. Namun, agar arus input i dapat sepenuhnya mengalir ke R maka beban pengukuran harus memiliki impedansi yang tidak terhingga, hal ini menjelaskan bahwa arus akan mengalir melewati jalur yang hambatan yang lebih kecil. Dalam kasus ini untuk mendapatkan hambatan dalam yang tak hingga digunakan perangkat instrumen lain yakni dengan menambahkan *Op-Amp*.



Gambar 2. 10 Shunt Amperemeter (Keithley Instrumens, Inc., 2012).

Sensitivitas tegangan yang terukur pada rangkaian dikendalikan oleh nilai R Shunt dan nilai relatif dari resistansi R_A dan R_B . dengan demikian tegangan output yang dihasilkan dapat di rangkum pada persamaan berikut:

$$E_{out} = E_{in} \left(\frac{R_A + R_B}{R_B} \right) = I_{in} R_{SHUNT} \left(\frac{R_A + R_B}{R_B} \right) \quad 2.9$$

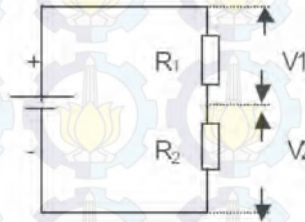
Pemilihan nilai R_{SHUNT} dibuat sekecil mungkin, karena nilai resistor rendah memiliki waktu yang lebih baik dan stabilitas suhu, dan tegangan yang lebih baik koefisien dari resistor bernilai tinggi. Selain itu nilai-nilai resistor rendah mengurangi waktu masukan konstan dan menghasilkan waktu respon instrumen yang lebih cepat. Sehingga, didapatkan tegangan beban E_{in} yang lebih kecil (Keithley Instrumens, Inc., 2012).

2.5.2 Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan yaitu pembagi tegangan (*Voltage Divider*). *Voltage divider* ini digunakan untuk mendeteksi tegangan keluaran sistem yang digunakan pembandingan antara arus dan tegangan untuk mengetahui beda fasenya. Sensor tegangan yang digunakan, menggunakan resistor yang disusun secara seri dengan perhitungan menurut hukum KVL (*Kirchoff Voltage Law*) (Paul, 1996).

Dalam rangkain listrik arus searah untuk memperoleh suatu tegangan tertentu dapat menggunakan suatu kombinasi tahanan tertentu, rangkaian seperti ini disebut rangkaian

pembagi tegangan. Rangkaian pembagi Tegangan yang sederhana dapat ditunjukkan oleh Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Rangkaian Pembagi Tegangan Yang Digunakan Sebagai Sensor Tegangan

Berdasarkan hukum ohm $V = IR$, sehingga besarnya arus yang mengalir dalam rangkaian adalah :

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2} \quad 2.10$$

Tegangan pada R_2 adalah

$$V_2 = I \cdot R_2 = \frac{V}{R_1 + R_2} \cdot R_2 \quad 2.11$$

Dan tegangan pada R_1 adalah

$$V_1 = I \cdot R_1 = \frac{V}{R_1 + R_2} \cdot R_1 \quad 2.12$$

2.6 Mikrokontroller AtMega 328p

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah *chip*. Didalamnya terkandung sebuah

inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan input output. Mikrokontroler digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis, seperti sistem kontrol mesin, *remote controls*, mesin kantor, peralatan rumah tangga, alat berat, dan mainan. Dengan mengurangi ukuran, biaya, dan konsumsi tenaga dibandingkan dengan mendesain menggunakan mikroprosesor memori, dan alat input output yang terpisah, kehadiran mikrokontroler membuat kontrol elektrik untuk berbagai proses menjadi lebih ekonomis. ATmega 328 adalah salah satu jenis mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*).

Mikrokontroler ATmega 328 memiliki arsitektur Harvard, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan kerja dan instruksi-instruksi dalam memori program yang dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi-

instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus *clock*. 32 x 8-bit *register* serba guna digunakan untuk mendukung operasi pada ALU (*Arithmetic Logic unit*) yang dapat dilakukan dalam satu siklus. Enam dari register serbaguna ini dapat digunakan sebagai 3 buah *register* pointer 16-bit pada mode pengamatan tidak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data. Agar sebuah mikrokontroler dapat berfungsi, maka mikrokontroler tersebut memerlukan komponen eksternal yang kemudian disebut dengan sistem minimum. Untuk membuat sistem minimal paling tidak dibutuhkan sistem *clock* dan reset, walaupun pada beberapa mikrokontroler sudah menyediakan sistem clock internal, sehingga tanpa rangkaian eksternal pun mikrokontroler sudah beroperasi. Yang dimaksud dengan sistem minimal adalah sebuah rangkaian mikrokontroler yang sudah dapat digunakan untuk menjalankan sebuah aplikasi.



Gambar 2. 12 Arduino Tampak Depan (Margolis, 2011)

Salah satu bentuk sistem minimum adalah arduino UNO. Arduino UNO adalah sebuah *mini board* berbasis mikrokontroler Atmega 328. Arduino UNO mempunyai 14 pin *digital input/output* (pin 0-13) yang terdiri dari 6 pin *input analog* (pin 0-5) yang biasa digunakan untuk membaca tegangan dari sensor dan mengkonversikannya menjadi nilai 0 dan 1023, 6 pin *output analog* (pin 3,5,6,9,10,11) yang digunakan untuk pengaturan PWM (*Pulse Width Modulation*), sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO dapat dioperasikan dengan menggunakan *port* USB komputer, USB *charger*, atau adaptor AC-DC dengan tegangan yang direkomendasikan 9 Volt (Banzi, 2011).

2.7 Kalibrasi Alat

Kalibrasi merupakan proses verifikasi bahwa suatu akurasi alat ukur sesuai dengan rancangannya. Kalibrasi biasa dilakukan dengan membandingkan suatu standar yang terhubung dengan standar nasional maupun internasional dan bahan-bahan acuan tersertifikasi. Kalibrasi, pada umumnya, merupakan proses untuk menyesuaikan keluaran atau indikasi dari suatu perangkat pengukuran agar sesuai dengan besaran dari standar yang digunakan dalam akurasi tertentu. Contohnya, termometer dapat dikalibrasi sehingga kesalahan indikasi atau koreksi dapat ditentukan dan disesuaikan (melalui konstanta kalibrasi), sehingga termometer tersebut menunjukkan temperatur yang sebenarnya dalam celcius pada titik-titik tertentu di skala (Morris, 2001).

Pada penelitian ini alat kalibrator yang digunakan adalah *geopulse TIGRE resistivity meter* yang dibuat oleh Campus International products ltd.



Gambar 2. 13 *Geopulse Tigre resistivity meter* tampak dari atas (Campus International Product, Ltd., 1999)

Datasheet alat *Geopulse Tigre resistivity meter* dapat dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut:

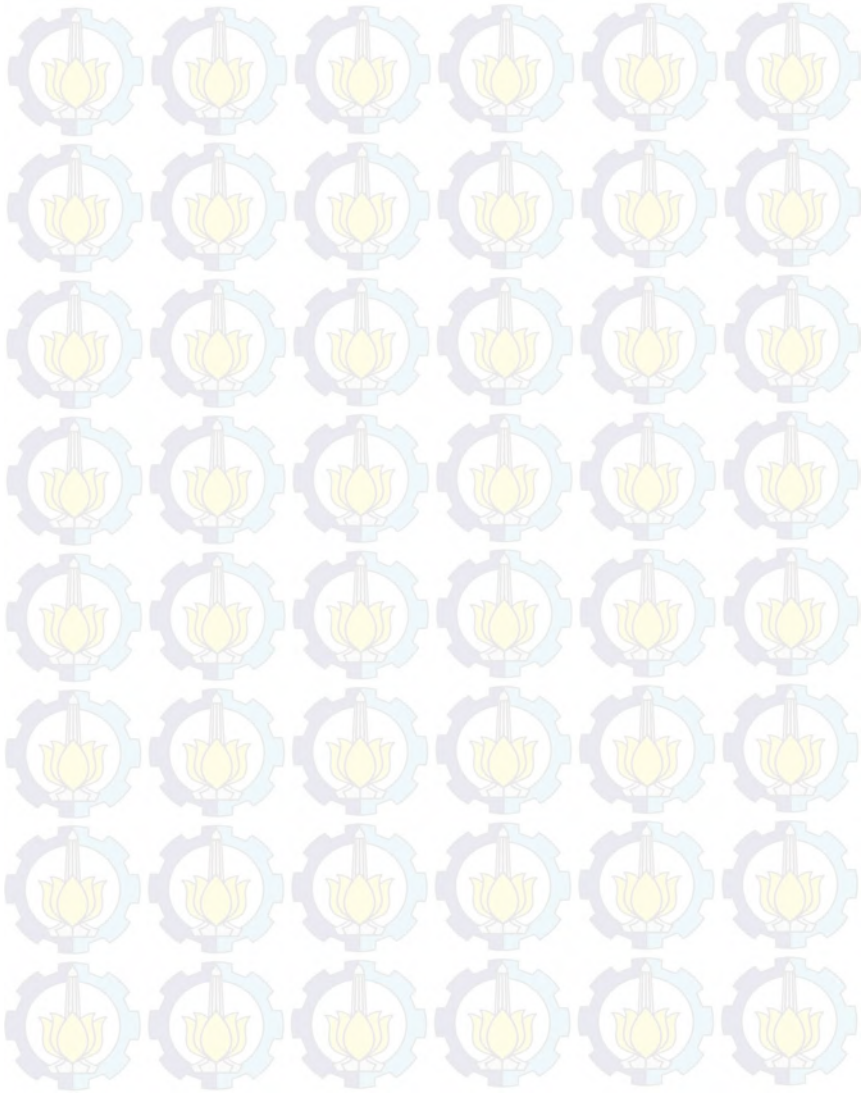
Tabel 2. 2 Spesifikasi Alat *Geopulse Tigre resistivity meter*

Transmitter	
Keluaran daya Maks.	18W
Batasan Arus	0,5mA to 100mA
Pengulangan Sinyal	8,4s, 4,2s. 2,8s.
Jumlah rata-rata pembacaan	1 to 16.
Receiver	
Batas tegangan input	0 –180V
Impedansi input	22MW
Batas pengukuran	360KW – 0.001W
<i>Low pass filter Display</i>	80 character alpha numeric liquid crystal
Catu daya	Rechargeable sealed lead acid. 7 Amp/h @ 12v
General	
Berat	6kg
Kapasitas Elektroda	32 to 256 (optional)
<i>Link ke portable IBM PC yang kompatibel di antaranya:</i>	
a.	Berbagai pilihan gelombang dan frekuensi
b.	Pilihan sampling interval
c.	Tampilan gelombang yang diterima
d.	Data logging

Sumber: Campus International Product, Ltd., 1999

Selain menggunakan kalibrasi dengan alat *Geopulse Tigre resistivity meter* penulis juga menggunakan kalibrasi dengan menggunakan resistor keramik dan kawat yang nilai resistansinya diketahui melalui pengukuran tegangan dan arus.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB III

METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

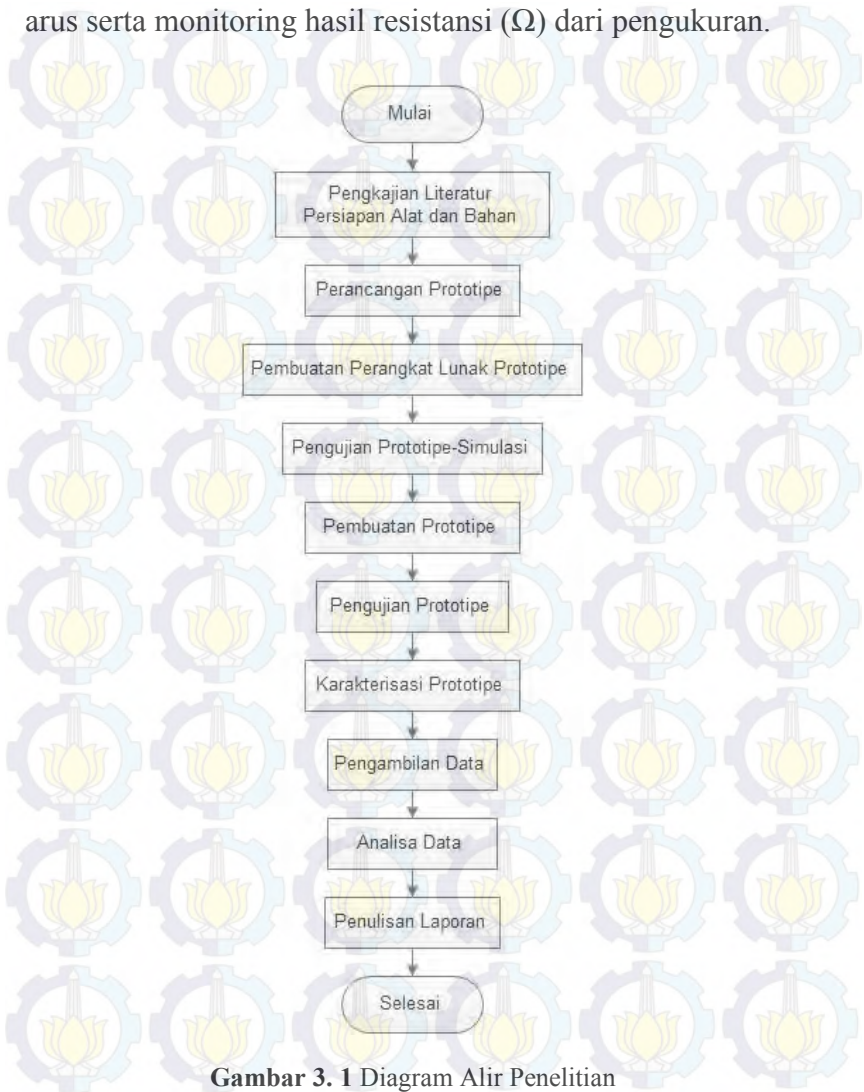
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| a. Atmega 328p, | i. PCB, |
| b. <i>Inverter</i> DC to AC, | j. Resistor keramik, |
| c. <i>Rectifier</i> AC to DC, | k. Baterai <i>Lead Acid</i> |
| d. Baterai 12V-7Ah, | 12V 7,2 Ah, |
| e. LCD 16x2, | l. Accu 12V 32Ah, |
| f. Kabel, | m. Multimeter, |
| g. Paku-Konektor, | n. <i>Powersupply</i> DC. |
| h. Batu bata, | |

3.2 Perancangan Umum Sistem

Sistem perangkat keras (*hardware*) terdiri dari 7 bagian rangkaian meliputi rangkaian *Boost Converter*, rangkaian sumber arus konstan, rangkaian sensor tegangan, rangkaian sensor arus, rangkaian pembalik arah dan rangkaian kontroler sebagai pengukur dan menyimpan data. Sistem perangkat lunak (*software*) terdiri dari perancangan program dengan menggunakan *software* Arduino yang

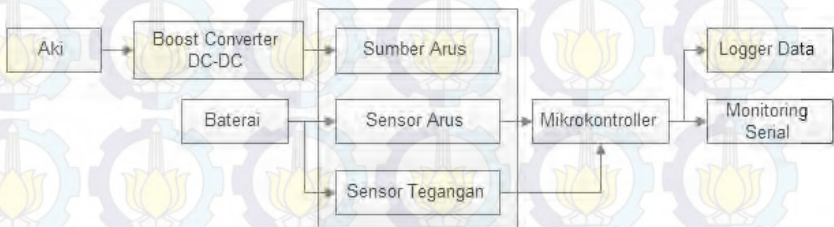
digunakan untuk pengolahan hasil pengukuran potensial dan arus serta monitoring hasil resistansi (Ω) dari pengukuran.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak Resistivitas meter

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan alur kerja prototipe yang nantinya akan diaplikasikan dalam pembuatan sebuah perangkat. Pembuatan perangkat lunak berupa program mikrokontroler dengan menggunakan software arduino dengan mikrokontroler ATmega328 yang nantinya digunakan sebagai pengendali utama yang digunakan sebagai pengolah data yang terukur. Program yang dibuat digunakan untuk pengolahan data arus dan tegangan yang terukur sehingga didapatkan nilai resistansi. Data yang terukur akan tersimpan dalam mikro SD dan ditampilkan langsung melalui data serial usb. Sistem kerja alat dapat dilihat seperti gambar diagram blok di bawah:



Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem

Sumber arus yang diinjek menggunakan sumber daya dari aki dan baterai sebagai sumber daya pengukuran dan

sistem kontrol. Hasil pengukuran arus dan tegangan akan diolah oleh mikrokontroler yang kemudian akan dimonitoring melalui data serial ataupun disimpan ke SD card.

3.4 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Pada subbab ini akan dijelaskan tentang perancangan dan implementasi perangkat keras (*hardware*) meliputi perancangan rangkaian *Boost Converter*, perancangan rangkaian sumber arus konstan, perancangan rangkaian sensor tegangan, perancangan rangkaian sensor arus, perancangan rangkaian pembalik arah dan perancangan rangkaian kontroler sebagai pengukur dan penyimpan data.

3.4.1 Perancangan *Boost Converter* DC – DC

Pada pengukuran resistansi dibutuhkan sumber arus yang nantinya akan ditransmisikan pada suatu resistor. Tegangan yang bersumber dari accu perlu dinaikkan agar nilai resistansi yang terhitung dari hasil pengukuran yang didapatkan bernilai besar. Pada penelitian ini menggunakan *inverter* sebagai penguat tegangan sehingga didapatkan keluaran tegangan AC 220V dan kemudian dijadikan

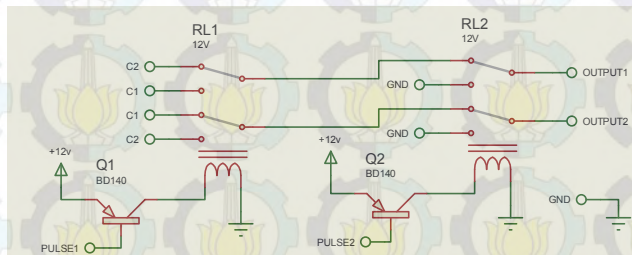
menjadi arus DC dengan menggunakan rangkaian *rectifier* sehingga didapatkan tegangan 250VDC.

3.4.2 Perancangan Sumber Arus Konstan

Pada penelitian ini menggunakan sumber arus konstan sebagai sumber arus injeksi, sehingga menjaga arus yang dialirkan tetap konstan tanpa memperhatikan tegangan yang terukur. Rangkaian sumber arus konstan terdiri dari *transistor bipolar* (nnp), opamp dan resistor. Transistor yang digunakan yaitu MJE13005 dan Op-Amp tipe lm358. Penentuan besarnya arus dibagi menjadi 2 bagian yakni konstan 1mA dan 0,1mA.

3.4.3 Perancangan Pembalik Arah

Perancangan pengubah arah arus injeksi dirancang seperti pada gambar berikut:

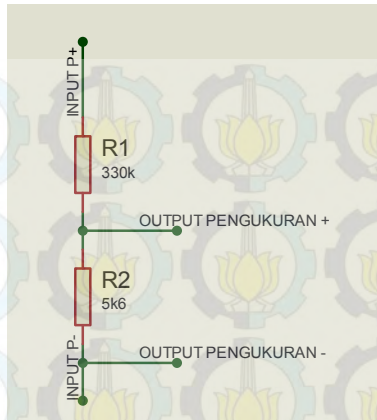


Gambar 3. 3 Rangkaian Pembalik Arus Injeksi

Sistem perancangan dibentuk untuk pembuatan titik bidang potensial listrik yang sama besar nilainya, pembalikan arah arus listrik digunakan untuk membandingkan hasil pengukuran potensial pada arah yang berbeda dari proses depolarisasi. Hal ini juga digunakan untuk mendapatkan perpotongan potensial saat diaplikasikan untuk pengukuran resistansi tanah. Pengukuran potensial menyesuaikan arah aliran arus, artinya pengukuran potensial positif ditempatkan pada arus positif begitu juga dengan sebaliknya.

3.4.4 Perancangan Sensor Tegangan

Untuk mengetahui tegangan sumber dan tegangan baterai maka dibutuhkan sensor tegangan. Pada penelitian ini menggunakan sensor tegangan dengan prinsip dasar pembagi tegangan (*voltage divider*). Sensor tegangan terdiri dari dua resistor yang dirangkai seri dan tegangan referensi diperoleh di titik pencabangan resistor. Hasil tegangan referensi akan dihubungkan ke Arduino UNO sebagai mikrokontroler untuk mengukur dan memonitoring tegangan secara *real time*. Rangkaian sensor tegangan adalah sebagai berikut:



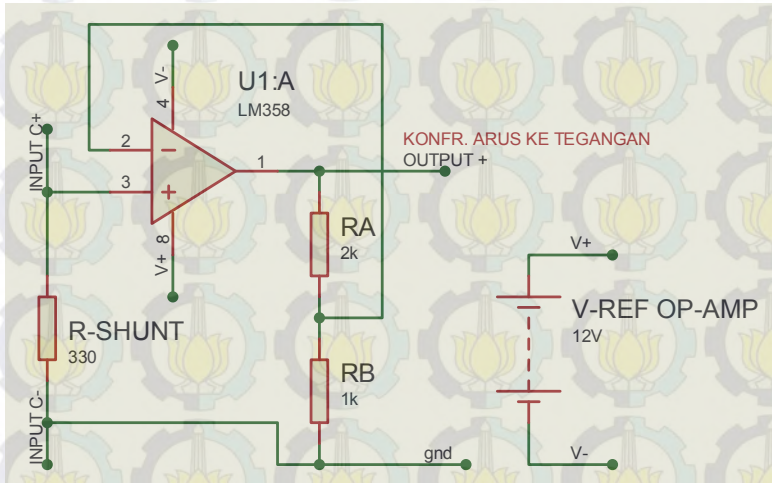
Gambar 3. 4 Perancangan Sensor Tegangan

Pengukuran potensial 1 disambungkan pada input P positif dan pengukuran potensial 2 disambungkan pada input P negatif. Hasil keluaran sinyal atau output pengukuran positif disambungkan pada ADC mikrokontroler sedangkan titik terendah pengukuran atau output pengukuran negatif disambungkan pada *ground* mikrokontroler.

3.4.5 Perancangan Sensor Arus

Pada saat kondisi penginjeksian arus pada resistor, arus merupakan parameter penting karena arus yang akan dialirkan harus tetap konstan sehingga nilai resistansi dapat terukur. Pada penelitian ini, *Output* sensor arus berupa

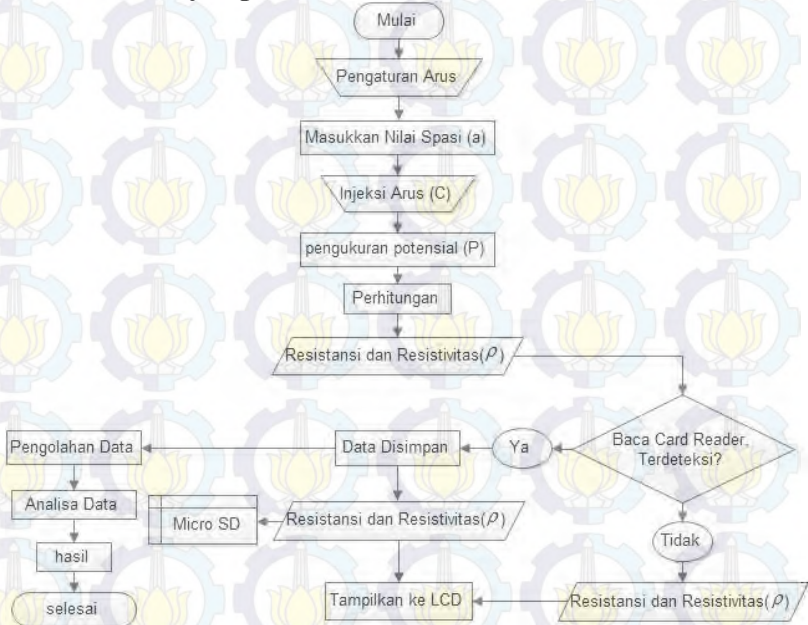
tegangan sehingga akan dihubungkan langsung ke mikrokontroler. Berikut ini adalah gambar rangkaian sensor arus.



Gambar 3. 5 Perancangan Sensor Arus

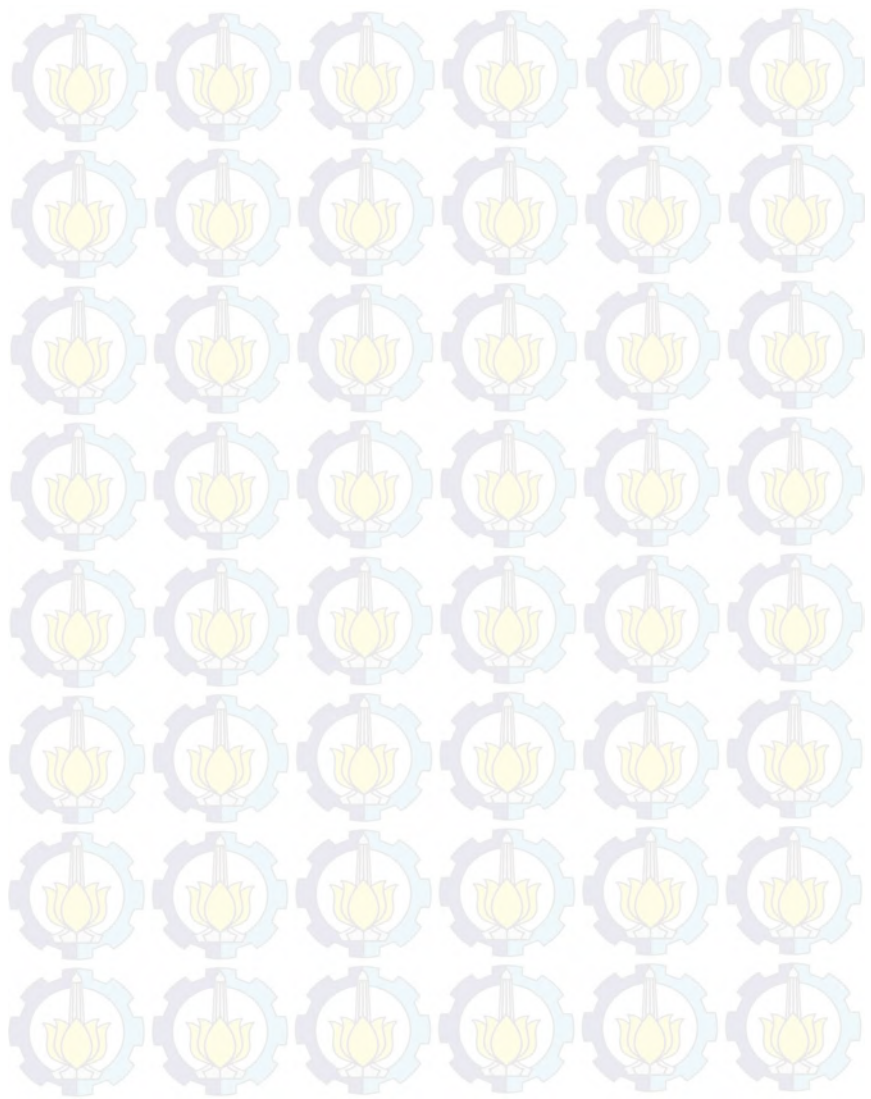
Sensor arus dipasang secara seri terhadap resistor. Arus input positif disambungkan pada input + dan arus input negatif disambungkan pada input negatif. Tegangan referensi yang digunakan Op-Amp sebesar 12VDC dengan baterai sebagai sumber tegangannya. Hasil konversi arus ke tegangan akan diolah dengan menggunakan ADC mikrokontroler.

3.4.6 Perancangan Kontroler Pengukuran dan Penyimpanan Data



Gambar 3. 6 Skema Sistem Kerja Prototipe Resistivitas Meter

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



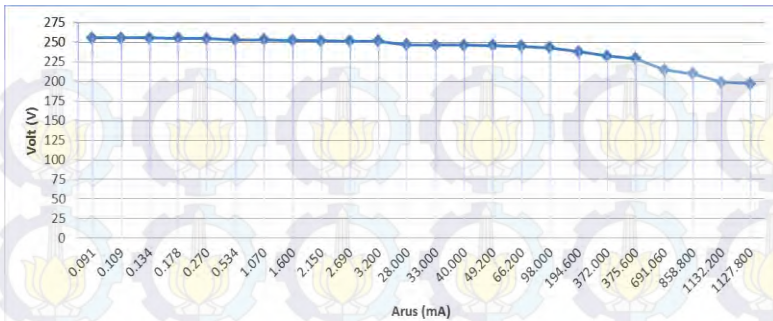
BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Karakteristik *Boost Converter*

Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik pembebanan *Boost Converter* dengan mengukur tegangan keluaran dan arus beban yang diberikan. Pada pengujian ini pembebanan menggunakan resistor. Pengujian karakteristik *Boost Converter* meliputi pengukuran tegangan open circuit (V_{oc}) atau pengukuran tanpa beban yang dilakukan langsung menggunakan voltmeter dan selanjutnya pengukuran dengan beban data yang diambil adalah data tegangan beban yang dipasang paralel dan pengukuran arus beban yang disambungkan secara seri terhadap beban. Tegangan *Boost Converter* menggunakan aki 12V/32Ah, berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan tegangan dasar atau tegangan open circuit adalah 255VDC.

Adapun hasil pengujian karakteristik *Boost Converter* dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 4.1.



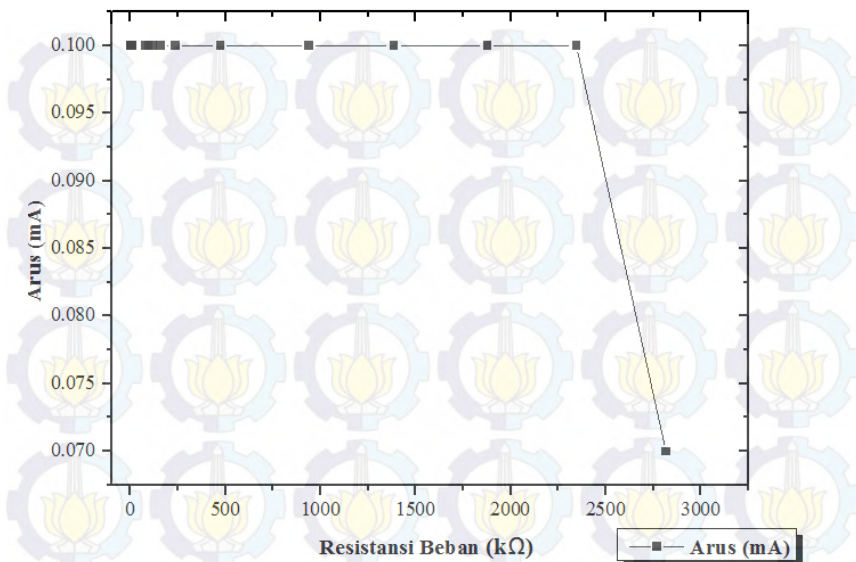
Gambar 4. 1 Hasil Pengujian Karakteristik *Boost Converter*

Dari gambar 4.1 di atas dapat diketahui titik tegangan turun mulai pada pembebanan sampai dengan arus 98 mA. Hasil penurunan tegangan dari tegangan dasar menunjukkan tegangan ideal yang dihasilkan oleh *Boost Converter*. Sehingga dapat daya minimum input yang ideal pada titik 24,5 watt. Dari daya minimum ini akan menjadi patokan daya pembebanan pada sumber arus konstan. Pada pengujian *Boost Converter* tegangan sumber mengalami penurunan hal ini dipengaruhi oleh daya sumber yang lebih kecil daripada daya outputannya. Selain daya yang terpakai terdapat disipasi daya yang hilang karena panas maupun dari daya yang terpakai oleh komponen.

4.2 Pengujian karakteristik Sumber Arus

Nilai resistansi didapatkan dari perhitungan pengukuran tegangan dan arus. Penulis menggunakan sumber arus di mana arus yang di alirkan pada beban akan dijaga konstan. Namun, untuk mendapatkan arus yang konstan tidak luput dari huku kekekalan energi di mana daya input sama dengan daya output ditambah dengan daya yang terbuang. Pada pengujian sumber arus ini digunakan uji pembebanan dengan menggunakan resistor dari resistansi $0,4\Omega$ hingga $2,817M\Omega$. Pengujian ini dibuat konstan menjadi dua bagian $0,1mA$ dan $1mA$.

Dari hasil karakterisasi Sumber arus konstan $0,1mA$ seperti Gambar 4.2. Pada pengukuran sumber arus konstan $0,1mA$ pembebanan dimulai pada resistansi $0,4\Omega$ dan tetap konstan hingga resistansi $2,345M\Omega$. Daya beban yang terpakai melebihi daya minimum input oleh karena itu arus tak dapat konstan lebih dari $2,345M\Omega$.

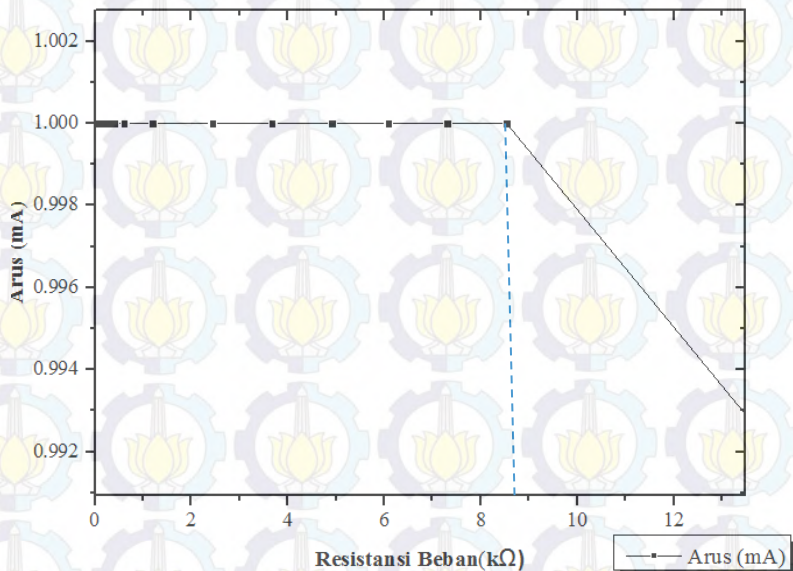


Gambar 4. 2 Grafik hasil uji Sumber arus konstan 0,1 mA

Berdasarkan hukum ohm, ketika tegangan sumber tegangan adalah 255VDC dengan injeksi arus yang mengalir pada rangkaian tertutup adalah 0,1mA atau sama dengan 0,0001A maka hambatan maksimum yang dapat terukur adalah 2,550MΩ hal ini terukur pada keadaan ideal namun pada kenyataannya masi terdapat daya yang hilang akibat panas maupun dari hambatan kabel. Oleh karena itu pada karakterisasi sumber arus konstan tidak dapat mempertahankan arus konstan pada hambatan 2,817MΩ.

Dari gambar 4.2 dapat disimpulkan bahwa arus konstan 0,1mA dapat digunakan untuk mengukur hambatan pada range $0,4\Omega$ hingga $2,345M\Omega$.

Sedangkan pada pengukuran arus konstan 1mA, yang ditunjukkan pada Gambar 4.3. Dari gambar tersebut arus konstan berhenti pada pembebanan. berdasarkan karakteristik ini dapat disimpulkan bahwa dapat digunakan sebagai pengukuran hingga resistansi $0,4\Omega$ hingga $8,3k\Omega$.



Gambar 4. 3 Grafik hasil uji Sumber arus konstan 1 mA

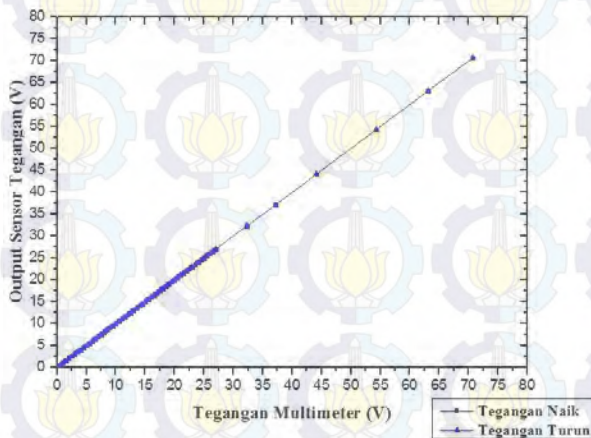
4.3 Pengujian Karakteristik Sensor Tegangan

Sensor tegangan digunakan untuk mengukur tegangan pada beban. Sensor tegangan yang diimplementasikan menggunakan prinsip pembagi tegangan (*voltage divider*) yang terdiri dari dua resistor dirangkai seri sehingga diperoleh tegangan referensi pada titik percabangan resistor. Tegangan referensi sensor menggunakan tegangan batas mikrokontroler yakni maksimal pada tegangan +5VDC. Tegangan yang terukur berupa sinyal analog akan dikonversikan ke bentuk *binner*. Mikrokontroler yang digunakan menggunakan 10bit yang nilai pengukuran yang diterima diubah ke nilai digital yang maksimum 1023.

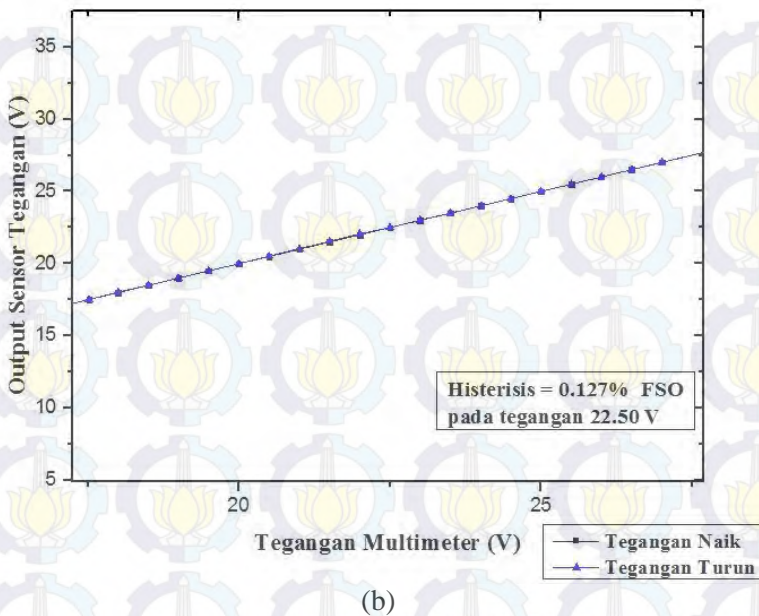
Untuk mendapatkan nilai yang valid penulis menggunakan multimeter sebagai alat kalibrator. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *powersupply* 30VDC yang range tegangannya dapat diubah dan untuk range tegangan yang lebih tinggi digunakan sumber tegangan dari *Boost Converter* di mana tegangannya divariasi dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan.

Untuk menentukan stabilitas sensor tegangan yang telah dibuat maka diperlukan pengujian histerisis yakni

dengan cara melakukan pengukuran pada saat tegangan dinaikkan dan diturunkan. Stabilitas sensor tegangan dapat diamati dari hasil kurva histerisis pada Gambar 4.4 (a) . Secara visual kurva histerisis Gambar 4.4 (a) tidak tampak kurva histerisisnya dikarenakan perbedaan hasil pengukuran saat tegangan dinaikkan dan diturunkan sangat kecil. Sehingga dilakukan perhitungan dan didapatkan hasil histerisis terbesar untuk sensor tegangan adalah 0,127 % FSO pada tegangan 22,50V. Gambar 4.4 (b) merupakan kurva histerisis dengan titik histerisis yang diperoleh melalui perhitungan dan perbesaran gambar sesungguhnya Gambar 4.4(a).

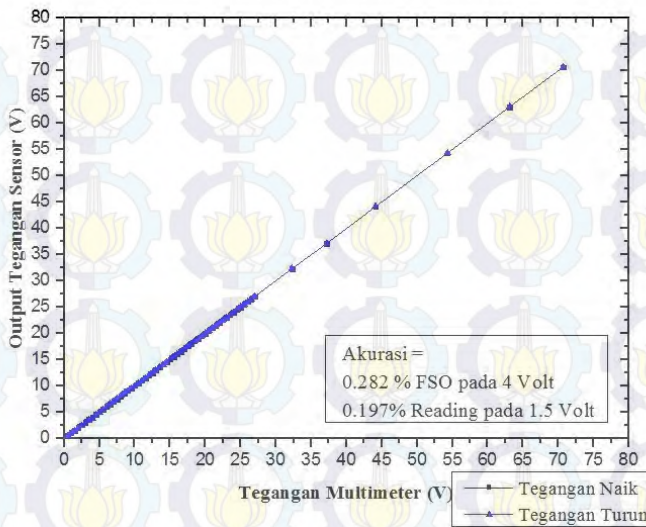


(a)



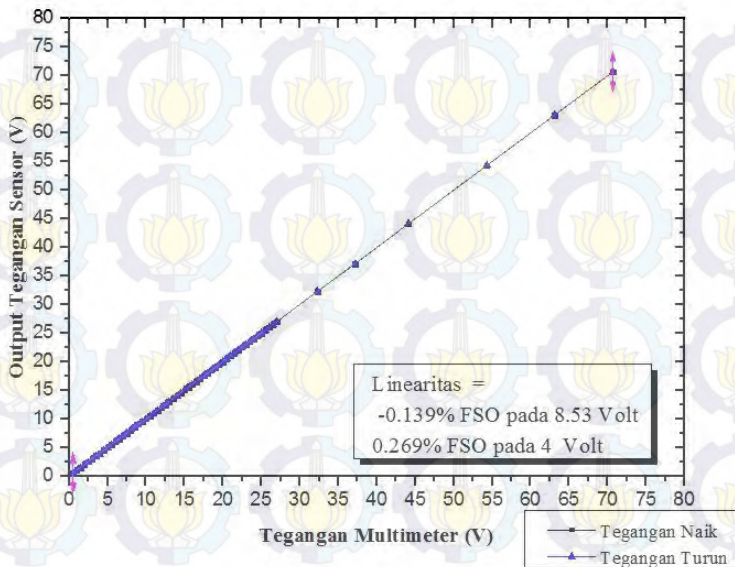
(b)
Gambar 4. 4(a) Hasil pengujian Histerisis Sensor Tegangan dan **(b)** Kurva Histerisis Hasil Perbesaran dan Perhitungan

Pada sensor tegangan juga dilakukan pengujian akurasi yang digunakan untuk mengetahui keakuratan data sensor yang dihasilkan. Sensor tegangan pada Gambar 4.5 memiliki ketidakakuratan sebesar 0,282% FSO pada 4V dan 0,197% *reading* pada 1,5V .



Gambar 4. 5Hasil pengujian AkurasiSensor Tegangan

Pengujian sensor yang terakhir adalah ujilinearitas yang bertujuan untuk mengetahui tanggapan dari sensor yang telah diimplementasikan dalam penelitian tugas akhir ini. Hasil pegujian linearitas sensor teganganditunjukkan oleh grafik linearitaspada Gambar 4.6, dimana nilai linearitas terdiri dari dua yakni nilai (+) yang menyatakan titik linearitas berada dibawah grafik linearitas *best fit* sedangkan nilai (-) berada diatas grafik linearitas *best fit*. Sensor tegangan yang dibuat memiliki nilai linearitas - 0,139%FSO pada 8,53Vdan 0,269% FSO pada 4V.

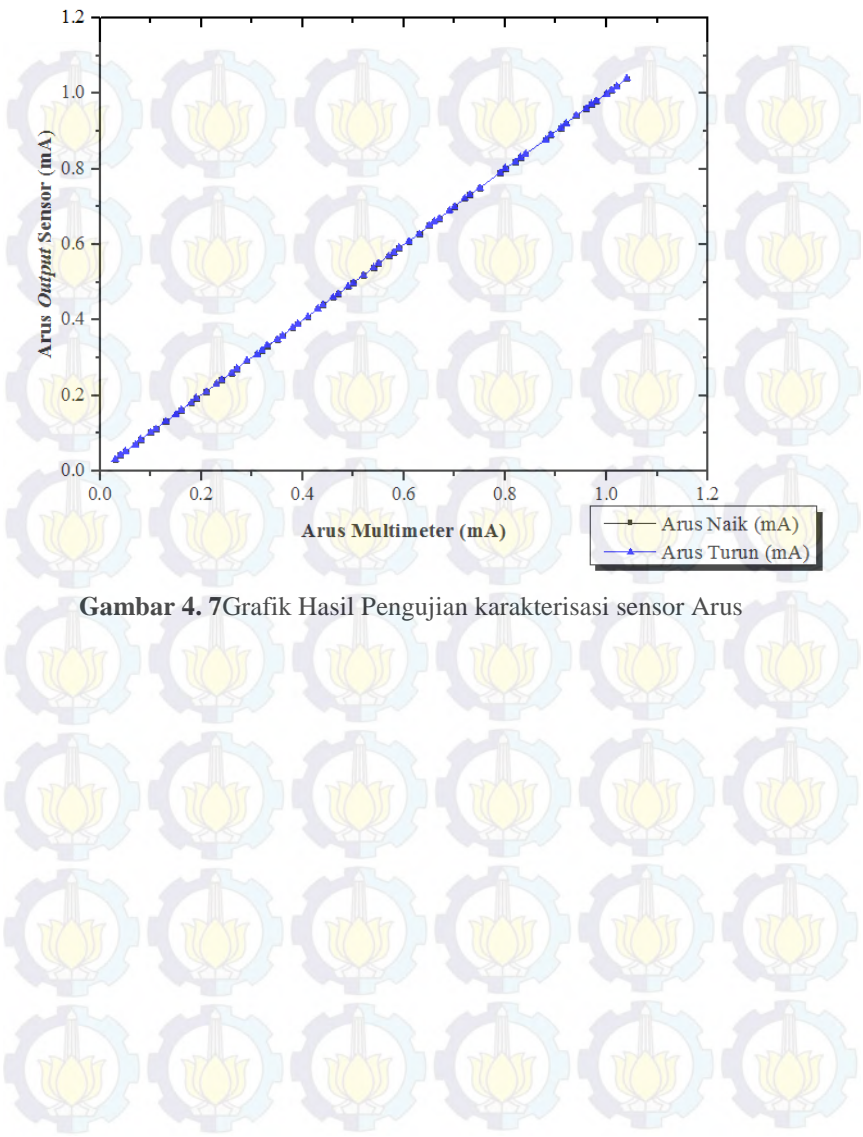


Gambar 4. 6 Hasil pengujian Linearitas Sensor Tegangan

Berdasarkan ketiga pengujian karakteristik sensor dapat disimpulkan bahwa sensor tegangan yang diimplementasikan pada penelitian ini memiliki kemampuan baik dalam rentang pengukuran tegangan 0,5Volt hingga 70Volt.

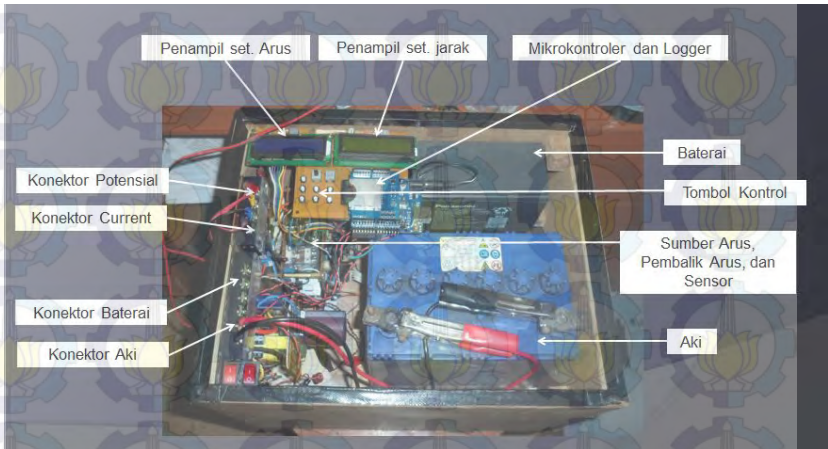
4.4 Pengujian Karakteristik Sensor Arus

Arus listrik yang dialirkan pada beban harus dijaga konstan salah satu tujuannya memperkecil variabel pengukuran. Untuk memonitoring arus konstan pada rangkaian sumber arus. Pada gambar 4.7 merupakan hasil kalibrasi sensor arus dengan menggunakan amperemeter. Pengukuran kalibrasi dilakukan pada pengujian arus 0,03mA hingga 1,04mA. pada saat kalibrasi sensor tidak dapat mengukur pada arus. Hal ini terjadi karena perubahan variasi tegangan menggunakan power supply analog yang sulit untuk diset pada batas pengukuran arus tersebut, sehingga pada batas pengukuran arus 0,75mA hingga 0,79mA tidak dapat ditampilkan. Namun, pada dasarnya nilai pengukuran yang dihasilkan sama dengan yang terukur menggunakan amperemeter. Hasil pengukuran yang dihasilkan pada amperemeter tidak dapat terukur pada ketelitian tiga angka dibelakang koma, sedangkan pengukuran ketelitian pada mikro dapat terukur hingga tiga angka di belakang koma, sehingga data arus dari perbandingan pengukuran menggunakan amperemeter dan sensor arus yang didapatkan mendekati kesamaan pada ketelitian dua angka di belakang koma.

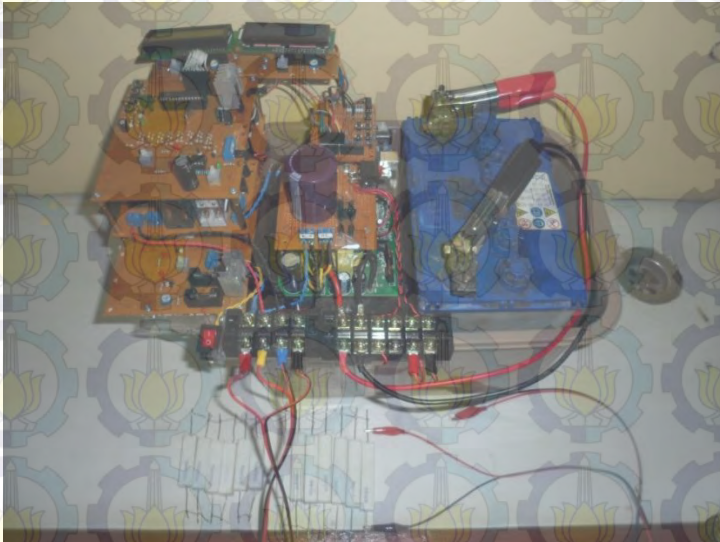


Gambar 4. 7 Grafik Hasil Pengujian karakterisasi sensor Arus

4.5 Pengujian Resistivitas meter



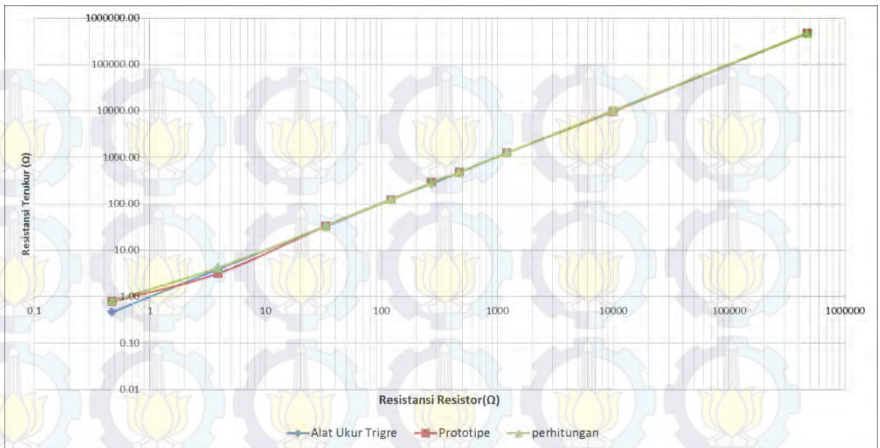
Gambar 4. 8 Prototipe resistivitas meter



Gambar 4. 9 Kalibrasi dan Pengujian Pengukuran Resistansi Resistor menggunakan Prototipe.

Tabel 4. 1Hasil Kalibrasi dan Pengujian Pengukuran Resistansi Resistor menggunakan Prototipe.

No	Nama	Perhitungan		Standar Deviasi i	R Trigger		Standar Deviasi i	R prototipe		Standar Deviasi i
		R (Ω)	Rata2		R (Ω)	rata2		R (Ω)	rata2	
1	0,47	0,82	0,82	0	0,47	0,46	0,0052	0,78	0,79	0,0189
		0,82			0,46			0,76		
		0,82			0,46			0,81		
2	3,9	4,23	4,23	0	3,94	3,94	0	3,13	3,19	0,0737
		4,23			3,94			3,27		
		4,23			3,94			3,16		
3	33	33,70	33,70	0	32,57	32,64	0,0577	33,5	33,5	0
		33,70			32,67			33,5		
		33,70			32,67			33,5		
4	120	121,57	121,57	0	121,7	121,7	0	124	124	0
		121,57			121,7			124		
		121,57			121,7			124		
5	270	288,37	288,37	0	272,6	272,6	0	288	288	0
		288,37			272,6			288		
		288,37			272,6			288		
6	470	476,92	476,92	0	472,5	472,5	0	476	476	0
		476,92			472,5			476		
		476,92			472,5			476		
7	1200	1240,00	1240	0	1235	1235	0	1240	1240	0
		1240,00			1235			1240		
		1240,00			1235			1240		
8	10000	10333,33	10333,33	0	9894	9894	0	9800	9800	0
		10333,33			9894			9800		
		10333,33			9894			9800		
9	470000	472560,98	472561	0	tidak dapat terukur			46940	46940	0
		472560,98						46940		
		472560,98						46940		



Gambar 4. 10 Grafik Hasil Pengujian Pengukuran Resistansi Resistor dengan membandingkan hasil ukur alat Tiggre dan Prototipe pada rentang Pengukuran 0,47Ω hingga 470kΩ.

Pada Gambar 4.10 merupakan hasil uji banding pengukuran resistansi resistor dengan menggunakan prototipe dan alat tigre *resistivity meter* untuk pengujian batas resistansi 0,4Ω hingga 470kΩ. Pengujian ini dilakukan tiga kali pengulangan pengambilan data resistansi resistor dimana pada masing-masing pengukuran dihitung simpangannya. Acuan pengukuran terletak pada data perhitungan resistansi, di mana perhitungan ini didapatkan dari pengukuran arus dan tegangan pada resistor sehingga didapatkan nilai resistansi resistor yang sebenarnya. Dari data di atas pada prototipe mengalami simpangan pada

pengukuran resistansi $0,47\Omega$ dan $3,9\Omega$. Hal ini dapat terjadi karena penurunan kemampuan ukur untuk pengukuran sensor tegangan sehingga ketelitian sensor berkurang pada pengukuran tegangan yang rendah. Karakteristik untuk pengukuran mikro yang dapat terukur adalah $\pm 4,8\text{mV/bit}$ yang didapatkan dari $5\text{Volt}/1023$, di mana 5 volt merupakan tegangan referensi dan 0 hingga 1023 skala desimal untuk 10 bit ($2^{10}-1$). Dari tegangan pengukuran yang rendah dalam skala milivolt mengakibatkan sensor tegangan tidak dapat bekerja secara maksimal atau keakuratannya menurun. Sehingga dari hasil pengujian yang didapatkan prototipe dapat bekerja dengan baik pada pengukuran resistansi 33Ω hingga $470\text{k}\Omega$.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa implementasi sumber arus konstan pada rancang bangun catu daya sebagai pengukuran geolistrik resistivitas meter berhasil dilakukan. Pada sistem pengukuran didapatkan karakteristik untuk sumber arus konstan 0.1mA dapat bekerja pada batas resistansi $0,4\Omega$ hingga $2,345M\Omega$ dan arus konstan 1mA dapat bekerja pada batas resistansi $0,4\Omega$ hingga $8,53k\Omega$. pada pengukuran resistansi dapat terukur dengan baik pada pengukuran resistansi 33Ω hingga $470k\Omega$.

5.2 Saran

Penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari kekurangan, baik kekurangan dalam perencanaan maupun implementasi sistem. Untuk memperbaiki kekurangan tersebut, maka diberikan beberapa saran untuk memperbaiki kekurangan dan perkembangan selanjutnya di antaranya:

1. Pembuatan *Boost Converter* dengan efisiensi daya outputan yang lebih baik sehingga dapat memaksimalkan kerja daya listrik pada baterai.

2. Melakukan penambahan menu pengukuran untuk pemilihan konfigurasi pengukuran yang digunakan.
3. Pengembangan pengukuran dengan menggunakan *multi-chanel* sehingga pengukuran dapat dengan mudah tanpa memindahkan prope-electrode serta melakukan pengolahan data secara langsung sehingga bentuk inversi dari hasil pengukuran resistansi dapat di lihat secara langsung.

DAFTAR PUSTAKA

Alexander, C.K dan Sadiku, MNO, (2009), Fundamentals of Electric Circuit, 4rd edition, The McGraw-Hill Companies, Inc., New York.

Campus International Product, Ltd (1999), Geopulse Tiger Resistivity- meter User's Manual, Taylor Street Luton Bedfordshire, England.

Dobrin MB & Savit CH. (1988). Introduction to Geophysical Prospecting 4th Edition. McGraw Hill. New York

Grandis, Hendra. 2006. Diktat Kuliah Geo-Elektromagnet. Departemen Geofisika, FIKTM, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Hart, D.W. (1997). Introduction to Power Electronics. Indiana: Prentice-Hall International, Inc.

Keithley Instrumens, Inc. (2012), Application Note Series: Low Current Measurements, USA.

Lowrie, W., 2007, Fundamentals of Geophysics, 2nd Edition, Cambridge University Press, Cambridge.

Margolis, Michael, (2011), Arduino Cookbook, United States of America O'Reilly Media, Inc.

Milsom, J., 2003, Field Geophysics, The Geological Field Guide Series 3rd Edition, John Wiley & Sons, West Sussex

Morris, A.S., (2001), Measurement and Instrumentation Principles Third Edition, ButterworthHeinemann, ISBN 0-7506-5081-8

Mussener, Ch. (1991). Power Electronics and Drive Technology 1. Germany: Leybold Didactic.

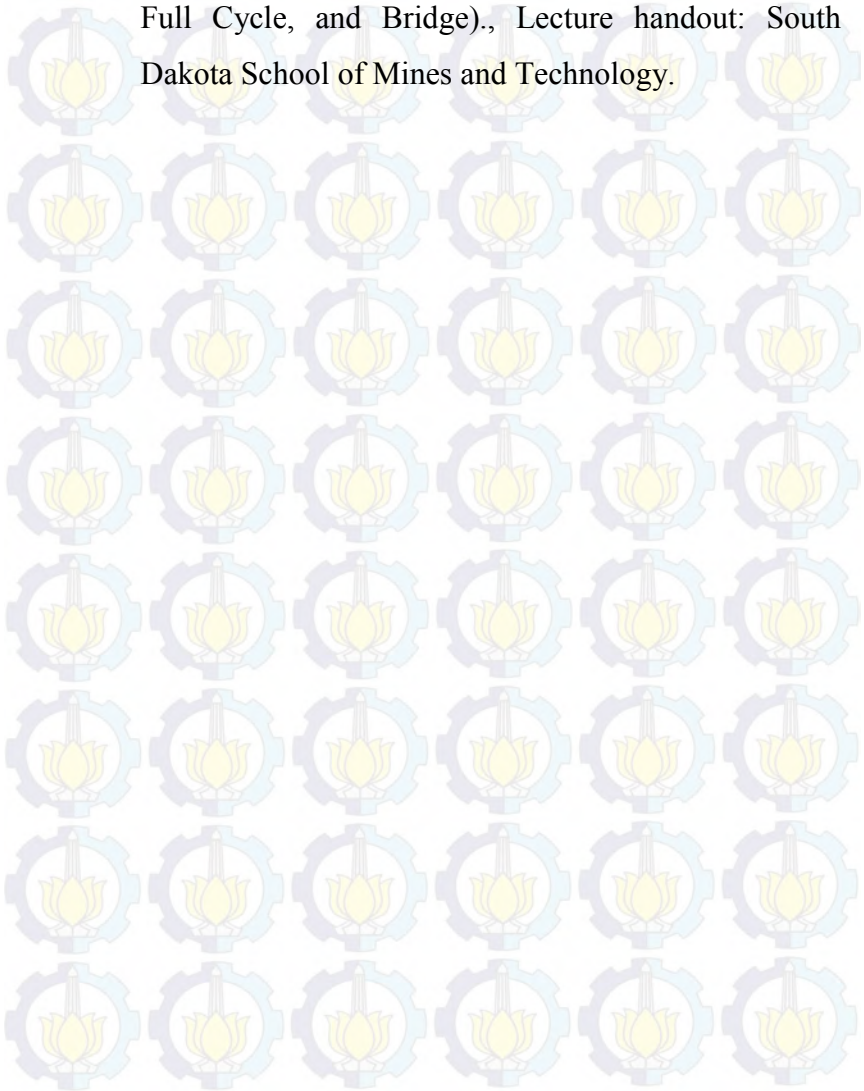
Nilson, James W. dan Riedel, Susan A., (2008), Electric Circuits Eighth Edition, New Jersey: Pearson Education. Inc.

Sheriff RE. (2002). Encyclopedic Dictionary of Applied Geophysics. Society of Exploration Geophysicist. Tulsa Oklahoma. USA.

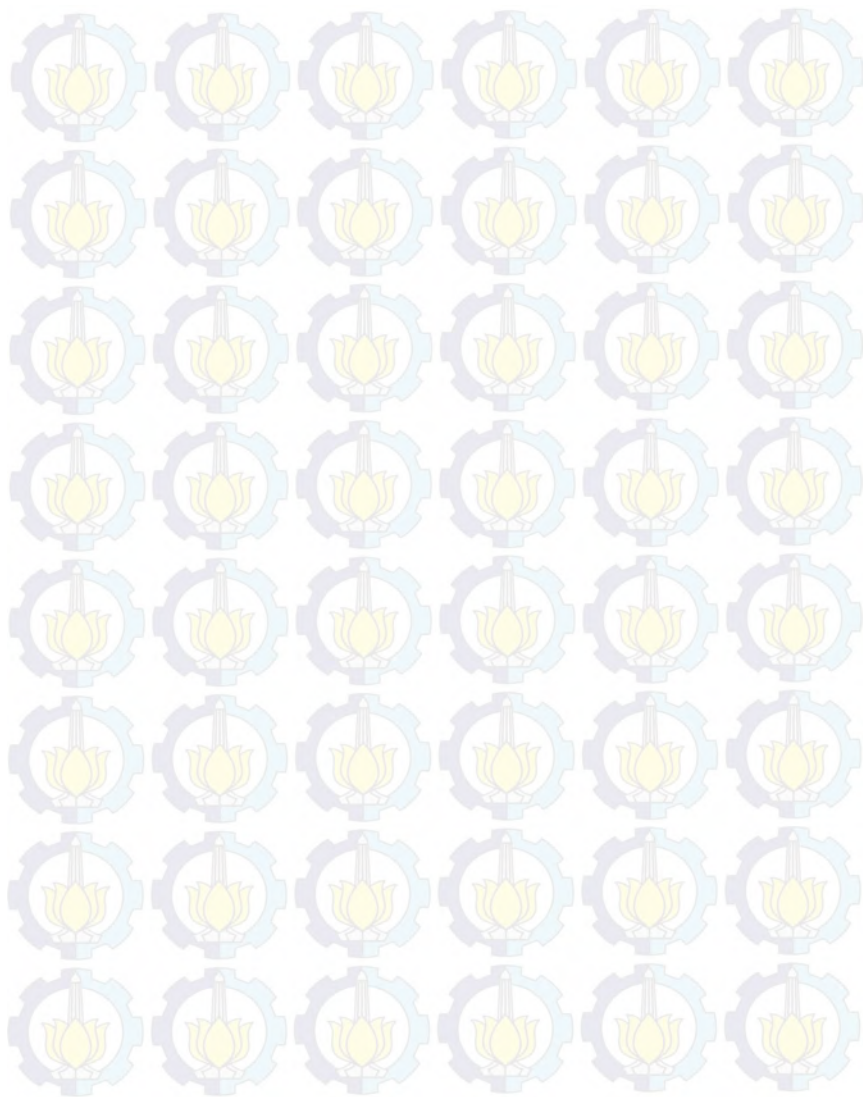
Telford WM, Geldart LP, Sheriff RE. (1990). Applied Geophysics. Second Edition. Cambridge University Press. United State of America.

Ward, S. H., (1990), Resistivity and induced polarization methods: in Geotechnical and Environmental Geophysics, Vol. 1, Ward, S. H., ed: Soc. of Expl. Geophys.

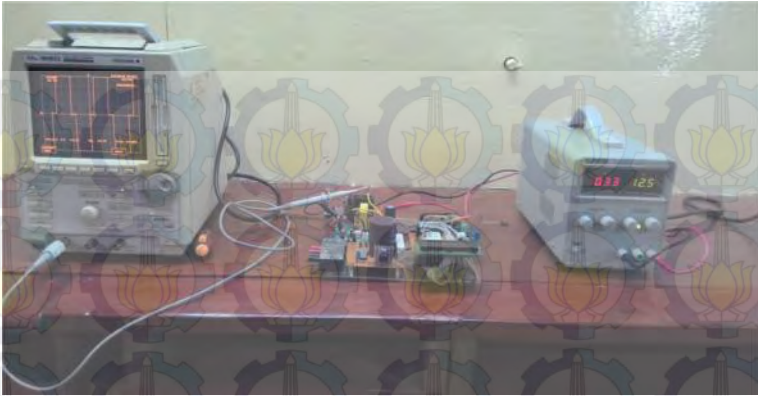
Whites, K. W.. (2009), Diode Rectifier Circuits (Half Cycle, Full Cycle, and Bridge)., Lecture handout: South Dakota School of Mines and Technology.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAMPIRAN A



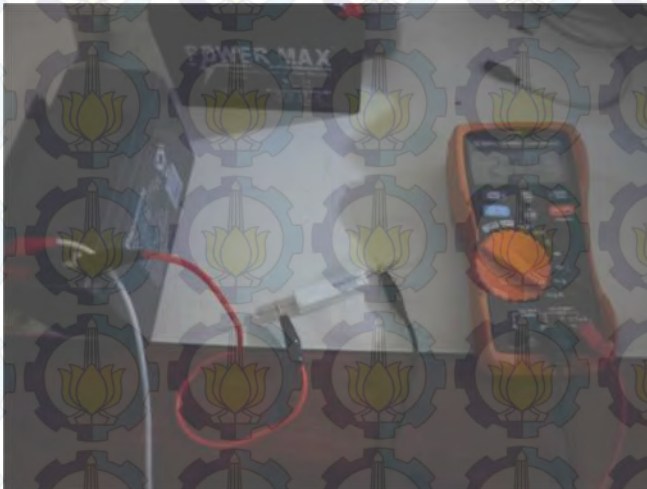
gambar 1. Pengukuran Sinyal Keluaran Inverter



Gambar 2. keluaran sinyal *Boost Converter* yang sudah diturunkan tegangannya



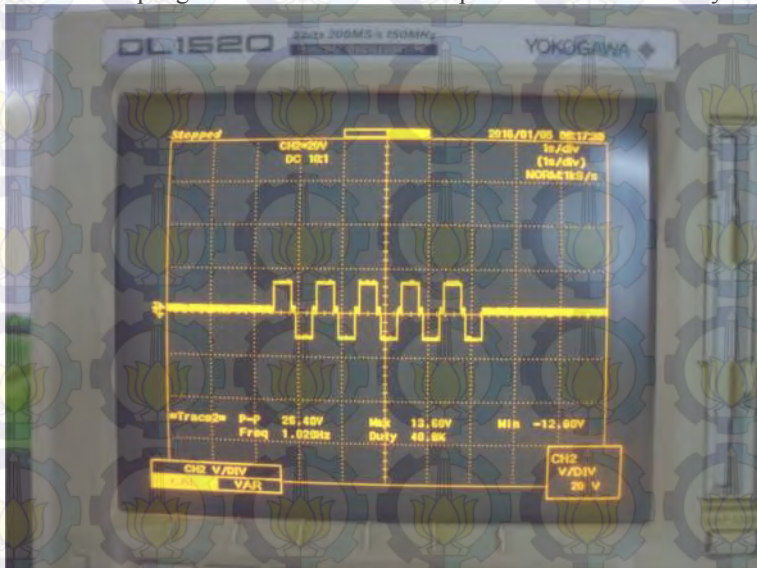
Gambar 3. Karakterisasi Sensor Arus



Gambar 4. pengukuran tegangan dan arus untuk mendapatkan nilai resistansi resistor yang sebenarnya



Gambar 5. hasil pengukuran sinyal pada baterai 12V, 7Ah sebagai sumber pengukuran arus untuk mendapatkan nilai R sebenarnya



Gambar 6. Hasil Sinyal Transmitter pada Sumber Arus

LAMPIRAN B

Tabel 1 kalibrasi sensor arus

v (mV)	Multimeter (mA)	Sensor (mA)		ADC
		Naik	Turun	
17.0	0.03	0.029	0.030	1
21.5	0.04	0.042	0.042	2
26.1	0.05	0.052	0.052	3
31.9	0.07	0.069	0.069	4
35.4	0.08	0.083	0.083	5
41.2	0.1	0.102	0.102	6
45.2	0.11	0.111	0.111	7
51.3	0.13	0.131	0.131	8
54.6	0.15	0.150	0.150	9
61.4	0.16	0.161	0.161	10
67.1	0.18	0.180	0.180	11
71.7	0.19	0.193	0.193	12
76.7	0.21	0.210	0.210	13
83.2	0.23	0.231	0.231	14
87.1	0.24	0.242	0.242	15
92.5	0.26	0.259	0.259	16
96.9	0.27	0.271	0.271	17
101.6	0.29	0.292	0.292	18
108.1	0.31	0.309	0.309	19
112.7	0.32	0.320	0.320	20
116.7	0.33	0.330	0.333	21
123.4	0.35	0.348	0.348	22
126.6	0.36	0.358	0.358	23
131.0	0.38	0.379	0.379	24
136.9	0.39	0.390	0.390	25
142.8	0.41	0.408	0.408	26
147.2	0.43	0.430	0.430	27
151.9	0.44	0.440	0.440	28
159.0	0.46	0.460	0.460	29
161.7	0.47	0.469	0.469	30
166.0	0.49	0.489	0.489	31
173.4	0.5	0.498	0.498	32
179.1	0.52	0.518	0.518	33
184.7	0.54	0.539	0.539	34
186.4	0.55	0.551	0.551	35
194.3	0.57	0.569	0.569	36
196.0	0.58	0.579	0.579	37
201.2	0.59	0.591	0.591	38
206.8	0.61	0.609	0.609	39
212.5	0.63	0.628	0.628	40
220.1	0.65	0.651	0.651	41
223.6	0.66	0.661	0.661	42
226.4	0.67	0.669	0.669	43
232.0	0.69	0.690	0.690	44
238.3	0.7	0.700	0.700	45
241.8	0.72	0.722	0.722	46
245.9	0.73	0.732	0.732	47
251.9	0.75	0.750	0.750	48
264.4	0.79	0.790	0.790	50
267.9	0.8	0.802	0.802	51
275.1	0.82	0.819	0.819	52
279.2	0.83	0.831	0.831	53
281.4	0.84	0.840	0.840	54
294.1	0.88	0.878	0.878	56
297.8	0.89	0.891	0.891	57
304.2	0.91	0.909	0.909	58
307.7	0.92	0.921	0.921	59
313.6	0.94	0.942	0.942	60
318.8	0.96	0.960	0.960	61
322.2	0.97	0.972	0.972	62
326.8	0.98	0.981	0.981	63
332.9	1	0.999	0.999	64
336.9	1.01	1.010	1.010	65
334.1	1.02	1.019	1.019	66
346.4	1.04	1.040	1.040	67

Tabel 2 kalibrasi sensor tegangan

multimeter (V)	sensor (V)		ADC Out
	naik	turun	
0.54	0.54	0.51	7
1.01	1.05	0.96	16
1.50	1.50	1.36	24
1.99	2.01	1.93	33
2.49	2.52	2.38	42
3.00	3.03	2.89	51
3.50	3.54	3.40	60
4.00	4.05	3.80	69
4.50	4.52	4.48	78
5.00	5.03	4.88	87
5.50	5.54	5.44	96
6.02	6.05	6.01	105
6.50	6.52	6.58	115
7.01	7.03	6.97	124
7.50	7.48	7.48	132
8.05	8.05	8.11	142
8.53	8.56	8.62	151
8.97	9.02	8.96	159
9.50	9.53	9.47	168
10.01	10.04	9.98	177
10.50	10.55	10.43	186
11.01	11.01	10.94	196
11.50	11.52	11.45	205
12.00	12.00	11.96	214
12.52	12.50	12.50	223
13.00	13.01	12.93	232
13.51	13.51	13.51	241
14.03	14.03	13.95	251
14.50	14.50	14.46	259
15.01	15.01	15.03	269
15.50	15.50	15.50	277
16.00	16.00	15.99	287
16.51	16.51	16.50	296
17.01	17.01	17.01	305
17.52	17.52	17.52	314
18.00	18.00	18.03	323
18.50	18.50	18.50	332
19.00	19.00	19.00	341
19.50	19.50	19.50	350
20.00	20.00	20.00	360
20.50	20.50	20.53	369
21.00	21.00	21.04	378
21.50	21.50	21.55	387
22.00	22.00	22.06	396
22.50	22.50	22.50	405
23.00	23.00	23.02	415
23.50	23.50	23.50	424
24.01	24.01	24.00	426
24.50	24.50	24.50	442
25.00	25.00	25.00	452
25.50	25.50	25.50	461
26.00	26.00	26.00	470
26.50	26.50	26.50	471
27.00	27.01	27.00	480
32.29	32.30	32.30	110
37.20	37.09	37.09	127
44.10	44.10	44.10	151
54.30	54.30	54.30	187
63.10	63.10	63.10	217
70.70	70.70	70.70	245

Tabel 3 kalibrasi pengukuran resistansi dengan membandingkan nilai resistansi perhitungan, alat tigre, dan alat TA

No	R (Ω)	perhitungan		R hitung (Ω)	standrt deviasi	R ukur multi (Ω)	Trigger		R Trigger (Ω)	Error (%)	standrt deviasi	pengukuran		R alat TA (Ω)	standrt deviasi
		tegangan(V)	arus(A)				tegangan(mV)	arus(mA)				tegangan(mV)	arus(mA)		
1	0.47	2	2.4380	0.8203	0	0.6	0.1	0.5	0.469	0	0.0052	0.78	1	0.78	0.018929694
		2	2.4380	0.8203			0.1	0.5	0.464	0.3		0.775	1	0.775	
		2	2.4380	0.8203			0.1	0.5	0.459	0		0.81	1	0.81	
2	3.9	2	0.4730	4.2283	0	3.9	1.9	0.5	3.943	0	0	3.13	1	3.13	0.073711148
		2	0.4730	4.2283			1.9	0.5	3.943	0		3.27	1	3.27	
		2	0.4730	4.2283			1.9	0.5	3.943	0		3.16	1	3.16	
3	33	12.4	0.3680	33.6957	0	32.8	16.1	0.5	32.570	0	0.057735	3.35	0.1	33.5	0
		12.4	0.3680	33.6957			16.1	0.5	32.670	0		3.35	0.1	33.5	
		12.4	0.3680	33.6957			16.1	0.5	32.670	0		3.35	0.1	33.5	
4	120	12.4	0.1020	121.5686	0	119.2	60.7	0.5	121.700	0	0	12.4	0.1	124	0
		12.4	0.1020	121.5686			59.9	0.5	121.700	0		12.4	0.1	124	
		12.4	0.1020	121.5686			59.9	0.5	121.700	0		12.4	0.1	124	
5	270	12.4	0.0430	288.3721	0	281.9	135.2	0.5	272.600	0	0	28.8	0.1	288	0
		12.4	0.0430	288.3721			135.2	0.5	272.600	0		28.8	0.1	288	
		12.4	0.0430	288.3721			135.2	0.5	272.600	0		28.8	0.1	288	
6	470	12.4	0.0260	476.9231	0	464	234	0.5	472.500	0	0	47.6	0.1	476	0
		12.4	0.0260	476.9231			234	0.5	472.500	0		47.6	0.1	476	
		12.4	0.0260	476.9231			234.1	0.5	472.500	0		47.6	0.1	476	
7	1200	12.4	0.0100	1240.0000	0	1199	614.3	0.5	1235.000	0	0	124	0.1	1240	0
		12.4	0.0100	1240.0000			614.3	0.5	1235.000	0		124	0.1	1240	
		12.4	0.0100	1240.0000			614.2	0.5	1235.000	0		124	0.1	1240	
8	10000	12.4	0.0012	10333.3333	0	98500	4889	0.5	9894.000	0	0	980	0.1	9800	0
		12.4	0.0012	10333.3333			4888	0.5	9894.000	0		980	0.1	9800	
		12.4	0.0012	10333.3333			4888	0.5	9894.000	0		980	0.1	9800	
9	470000	12.4	0.0000	472560.9756	0	469000	tidak dapat terukur					46940	0.1	469400	0
		12.4	0.0000	472560.9756								46940	0.1	469400	
		12.4	0.0000	472560.9756								46940	0.1	469400	

Tabel 4 karakterisasi pembebanan boost converter

	k Ω	Instalasi R	v					Vrt2	mA					Art2
1	2817	6S470K	255.6	255.6	255.5	255.4	255.4	255.50	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091
2	2345	5S470K	255.8	255.7	255.4	255.3	255.4	255.52	0.109	0.109	0.109	0.109	0.108	0.109
3	1876	4S470K	255.4	255.2	255.2	255.2	255.2	255.24	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134
4	1386	3S470K	254.8	254.8	254.9	255	255.1	254.92	0.178	0.178	0.178	0.178	0.178	0.178
5	938	2S470K	254.3	254.2	254.2	254.3	254.5	254.30	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270
6	471.9	470K	253.2	253	253.3	253.1	253.1	253.14	0.534	0.535	0.534	0.534	0.534	0.534
7	235.2	2P470K	253	253	252.9	252.9	252.8	252.92	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.070
8	157.4	3P470K	252.2	252.1	252.1	252.1	252.1	252.12	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.600
9	117.5	4P470K	251.7	251.7	251.7	251.7	251.7	251.70	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.150
10	93.9	5P470K	251.4	251.4	251.4	251.4	251.4	251.40	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.690
11	78.4	6P470K	251.1	251.1	251.1	251.1	251.1	251.10	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.200
12	8.53	7S1K	247.3	246.1	246.9	246.7	246.3	246.66	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000
13	7.31	6S1K	246.5	246	246.7	246.6	246	246.36	33.000	33.000	33.000	33.000	33.000	33.000
14	6.08	5S1K	246.1	245.3	246.3	246.3	246.2	246.04	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000
15	4.909	4S1K	245.3	245.8	245.9	245.8	245.5	245.66	49.000	49.000	49.000	50.000	49.000	49.200
16	3.67	3S1K	244.2	244.8	244.8	244.6	244.5	244.58	66.000	66.000	67.000	67.000	65.000	66.200
17	2.435	2S1K	242.2	242.6	242.8	242.9	243.1	242.72	98.000	98.000	98.000	98.000	98.000	98.000
18	1.196	1K	237	237.2	237.5	238.5	238.5	237.74	196.000	196.000	193.000	193.000	195.000	194.600
19	0.604	2P1K	232.6	232	232	232	232	232.12	372.000	372.000	372.000	372.000	372.000	372.000
20	0.604	3P1K	229.2	229.4	228.7	229.3	228.4	229.00	375.000	375.000	376.000	376.000	376.000	375.600
21	0.3045	4P1K	214.3	214.9	215.3	215.3	214.6	214.88	696.000	697.000	696.000	669.300	697.000	691.060
22	0.2436	5P1K	209.2	209.3	209.8	209.3	209.5	209.42	852.000	862.000	860.000	860.000	860.000	858.800
23	0.2031	6P1K	199.2	199.2	198.6	198.7	198.3	198.80	1134.000	1133.000	1130.000	1131.000	1133.000	1132.200
24	0.1743	7P1K	197.4	197	197.8	197.1	196.5	197.16	1127.000	1132.000	1132.000	1128.000	1120.000	1127.800

Tabel 5 Pengujian Sumber Arus Konstan 0,1mA

No	R Load (k Ω)	Instalasi R	Arus Konstan (mA)					Art2 (mA)	
1	0.0004	0.22	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.10
2	0.0006	0.5	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105	0.10
3	0.0016	1.5	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105	0.105	0.10
4	0.0110	10-1.5	0.104	0.104	0.104	0.104	0.104	0.104	0.10
5	0.0210	10-10-1.5	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.10
6	0.0310	22-10-10-10-1	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.102	0.10
7	0.0660	22-10-10-10-	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.10
8	0.1485	8P1K	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.10
9	0.1743	7P1K	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.10
10	0.2031	6P1K	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.10
11	0.2436	5P1K	0.099	0.100	0.100	0.100	0.099	0.100	0.10
12	0.3045	4P1K	0.099	0.100	0.100	0.100	0.099	0.100	0.10
13	0.4058	3P1K	0.099	0.100	0.100	0.100	0.099	0.100	0.10
14	0.6040	2P1K	0.099	0.100	0.100	0.100	0.099	0.100	0.10
15	1.1960	1K	0.099	0.100	0.100	0.100	0.099	0.100	0.10
16	2.4350	2S1K	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.10
17	3.6700	3S1K	0.104	0.104	0.104	0.104	0.104	0.104	0.10
18	4.9090	4S1K	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.10
19	6.0800	5S1K	0.107	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.10
20	7.3100	6S1K	0.107	0.106	0.106	0.107	0.107	0.106	0.10
21	8.5300	7S1K	0.104	0.106	0.106	0.106	0.107	0.106	0.10
22	78.4000	6P470K	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.10
23	93.9000	5P470K	0.119	0.119	0.118	0.118	0.121	0.119	0.10
24	117.5000	4P470K	0.118	0.119	0.118	0.118	0.121	0.119	0.10
25	157.4000	3P470K	0.118	0.118	0.119	0.120	0.119	0.119	0.10
26	235.2000	2P470K	0.116	0.117	0.119	0.119	0.120	0.118	0.10
27	471.9000	470K	0.111	0.113	0.116	0.118	0.121	0.116	0.10
28	938.0000	2S470K	0.109	0.112	0.115	0.118	0.121	0.115	0.10
29	1386.0000	3S470K	0.108	0.112	0.114	0.117	0.121	0.114	0.10
30	1876.0000	4S470K	0.107	0.111	0.113	0.117	0.120	0.114	0.10
31	2345.0000	5S470K	0.106	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108	0.10
32	2817.0000	6S470K	0.090	0.090	0.090	0.089	0.090	0.090	0.07

Tabel 6 Pengujian Sumber Arus Konstan 1mA

No	R Load (k Ω)	Instalasi R	Arus Konstan (mA)					Art2 (mA)
1	0.0004	0.22	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	0.0006	0.5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3	0.0016	1.5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
4	0.0110	10-1.5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
5	0.0210	10-10-1.5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
6	0.0310	22-10-10-10-1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7	0.0660	0.22-10-10-10-1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
8	0.1485	8P1K	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	0.1743	7P1K	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	0.2031	6P1K	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
11	0.2436	5P1K	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
12	0.3045	4P1K	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
13	0.4058	3P1K	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
14	0.6040	2P1K	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
15	1.1960	1K	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
16	2.4350	2S1K	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
17	3.6700	3S1K	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
18	4.9090	4S1K	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
19	6.0800	5S1K	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
20	7.3100	6S1K	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
21	8.5300	7S1K	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
22	78.4000	6P470K	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
23	93.9000	5P470K	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
24	117.5000	4P470K	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
25	157.4000	3P470K	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
26	235.2000	2P470K	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
27	471.9000	470K	0.534	0.535	0.534	0.534	0.534	0.534
28	938.0000	2S470K	0.109	0.112	0.115	0.118	0.121	0.115
29	1386.0000	3S470K	0.108	0.112	0.114	0.117	0.121	0.114
30	1876.0000	4S470K	0.107	0.111	0.113	0.117	0.120	0.114
31	2345.0000	5S470K	0.106	0.108	0.108	0.108	0.108	0.108
32	2817.0000	6S470K	0.090	0.090	0.090	0.089	0.090	0.090

BIODATA PENULIS



Penulis Gusti Rana Fahlevi Sudenasahq, yang akrab disapa “Gusti” di kampus merupakan penulis Tugas Akhir (TA) berjudul **“RANCANG BANGUN CATU DAYA DENGAN SUMBER ARUS KONSTAN UNTUK GEOLISTRIK RESISTIVITAS METER”**.

Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara yang lahir di Surabaya pada 8 Agustus 1992. Semasa kecil, penulis menempuh pendidikan formal antara lain di MI Islamiyah Sidoarjo, SMPM 12 Lamongan, MA Al-Ishlah Lamongan dan pada tahun 2011 diterima di jurusan Fisika ITS lewat jalur undangan SNMPTN. Semasa kuliah penulis aktif dalam kegiatan laboratorium, diantaranya pernah menjadi asisten Laboratorium Fisika Dasar, asisten Elektronika Dasar, dan asisten Fisika Laboratorium Instrumentasi. Selain itu, penulis juga aktif di organisasi, antara lain: HIMASIKA ITS dan FOSIF ITS. karya tulis yang pernah dibuat oleh penulis dengan judul rancang bangun automatic irrigation watergate (arrow) berbasis atmega 16 untuk mempermudah petani dalam pemerataan air irigasi dan "Smart Battery" : Sistem Pengendalian Kinerja Baterai (Charging & Discharging) Lead Acid Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) dari DIKTI. Setelah lulus Jurusan Fisika FMIPA ITS ini, penulis berencana akan tetap bisa berkarya, belajar dan saling berbagi ilmu.

Gusti Rana Fahlevi Sudenasahq
gustirana92@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

